

**meteor
csillagászati
évkönyv**



2003



1



2



3,

4



5

Meteor csillagászati évkönyv 2003

meteor csillagászati évkönyv 2003

«Szaknyelvi»

Kiadó: Akadémia

Felbíráló: László

Terjesztő: Kertész

Magyar Csillagászati Szövetség
Budapest, 2003

meteor csillagászati évkönyv 2003

szerkesztette:

Mizser Attila
Szabados László
Taracsák Gábor

Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 2002

Az évkönyv összeállításában közreműködött:

Jean Meeus (Belgium)

Sárneczky Krisztián

Szakmailag ellenőrizte:

Kun Mária (cikkek, beszámolók)

Szabadi Péter (táblázatok)

Műszaki szerkesztés és illusztrációk:

Taracsák Gábor

A szerkesztés és a kiadás támogatói:

MLog Műszereket Gyártó és Forgalmazó Kft.

MTA Csillagászati Kutatóintézete

Szokolay Ágnes

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila

Készült a G-PRINT BT. nyomdájában

Felelős vezető: Wilpert Gábor

Terjedelem: 20.5 ív + 4 oldal melléklet

Példányszám: 4000

2002. október

Tartalom

Bevezető	7
Használati útmutató	8

Táblázatok

Jelek és rövidítések	13
A csillagképek latin és magyar neve	14
Jelenségnaptár	16
A bolygók kelése és nyugvása (ábra)	64
A bolygók adatai	66
A bolygók kitérése a Naptól (ábra)	79
A bolygók ekliptikai koordinátái	80
Julián-dátum táblázat	83
A bolygók elhelyezkedése a Nap körül (ábra)	84
A Nap adatai	86
A Hold adatai	94
Jupiter-holdak	102
Szaturnusz-holdak	112
Kisbolygók	115
Üstökösök	119
2001 üstökösök	123
Meteorrajok	128
Fogyatkozások, fedések	130
A Hold csillagfedései	132
A Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei	135
Csillagkatalógus J2003.5-re	138
Kettős kisbolygók	145
A legismertebb kettőscsillagok	148
Exobolygók adatai	150

Cikkek

A csillagászat legújabb eredményei	155
SZATMÁRY KÁROLY: Bolygók más csillagok körül	204
FREY SÁNDOR: Kvazárok	222
APAI DÁNIEL–VAVREK ROLAND: A nagy tömegű csillagok keletkezése	235
BÉRCZI SZANISZLÓ: Kis égitestek anyagának fejlődése	251
KIRÁLY PÉTER: Nagy energiájú helioszférikus részecskék és a kozmikus sugárzás	265

Beszámolók

Magyar Csillagászati Egyesület	286
MTA Csillagászati Kutatóintézete	291
ELTE Csillagászati Tanszéke	303
Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete	308
TIT Budapesti Planetárium	313
Szerzőink	316

A címlapon

A Mars az északi félgömb nyarának végén, 2002. április 8-án. További információk A Mars című hírben. A Mars Global Surveyor űrszonda felvétele (a NASA/JPL/Malin Space Science Systems szívésségéből)

A belső borítón

1. A Nemzetközi Űrállomás, a Jupiter és a Vénusz 2002. június 2-án. A képet Holler Gusztáv készítette Budapesten. (HP 618 digitális fényképezőgép, 2.1 s expozíciós idő)

2. Az M51 spirálgalaxis. 3. Az M57 planetáris köd. 4. Az NGC 6543 planetáris köd. Dán András színes CCD-felvételei. (304/3800 mm-es távcső, HiSIS 23 kamera.)

5. Az M56 gömbhalmaz. Szabó Gyula, Csák Balázs, Sárneczky Krisztián és Sziládi Katalin felvétele 2001 augusztusában készült Calar Alto-n. (1.23 m-es távcső.)

A hátsó borítón

A Cygnus csillagkép egy kb. 10° kiterjedésű részlete a 2.6 mm és 190 cm közötti rádiótartományban. A hamisszínes képen a rövidebb hullámhosszaknak a kékebb, a hosszabbaknak a vörösebb színek felelnek meg. Az ionizált gáz diffúz foszlányai a tőlünk 6000 fényévre levő csillagkeletkezési tartományt jelzik. A nagyobb méretű buborékok szupernóva-maradványok, a kisebbek pedig az idős, de még szupernóvává nem vált csillagokat körülvevő csillagszélbuborékok. A vörös pontok milliárd fényékre levő kvazárok. A kép a Tejútrendszer fősíkját vizsgáló kanadai program során készült. (Russell Taylor szíves hozzájárulásával)

Bevezető

A 2002. év egy kevéssé látványos, de nagyon jelentős előrelépést hozott az évkönyv készítésének folyamatában. A korábbi években néha előfordult, hogy a szerkesztők legnagyobb igyekezete mellett is maradt az évkönyv táblázataiban olyan adathiba, amire már csak a kinyomtatás után derült fény. Ezekben az esetekben legfeljebb hibaigazító pótlappal, illetve a Meteorban és az egyesület honlapján közzétett tájékoztatóval tudtuk korrigálni a tévedést. A 2003. évre szóló kötet szerkesztése közben azonban kidolgoztunk egy – az utóbbi években elterjedt kifejezéssel – *minőségbiztosítási rendszert*, ami egyenként mindegyik táblázatra és táblázati ábrára tartalmazza a lehetséges hibák megelőzésének, illetve a korrektúra során történő felismerésének részletes technológiai leírását.

A táblázatos rész végén ebben a kötetben is közlünk több olyan táblázatot, amely valamelyik cikkhez vagy hírhez kapcsolódik, vagy önállóan ad információt egy érdekes témakörrel. Az alkalmi táblázatok között összefoglalót találhat az Olvasó a kettős kisbolygókról, a spektroszkópiai módszerrel felfedezett exobolygókról, és a legismertebb kettőscsillagokról.

A Magyar Csillagászati Egyesület honlapján (www.mcse.hu) a *Bemutakozunk* menüpontra, majd a következő lapon a *Kiadványok* alcím alatt az évkönyvet említő sorra kattintva lehet eljutni az évkönyv honlapjára. Ott az egyesület által kiadott kötetek rövid ismertetője, tartalomjegyzéke és kiadási adatai találhatóak. A látogató a még kapható köteteket meg is rendelheti. A megjelent kötetek tematikusan rendezett, összefoglaló tartalomjegyzéke segíti a hírek, cikkek helyének megtalálását, a célzott információkeresést. A honlapon olvasható anyagot folyamatosan fejlesztjük, bővítjük. A már elfogyott évfolyamok cikkeit és beszámolóit fokozatosan hozzáférhetővé tesszük a honlapon, hogy azok az új érdeklődők is elolvashassák, akiknek jelenleg nincsen módjuk a köteteket megvásárolni.

Használati útmutató

Az évkönyv első felében kaptak helyet a naptári alapadatok, havonkénti csoportosításban: a Nap és a Hold keltének és nyugtának időpontja, a hónap fontosabb csillagászati eseményei, a bolygók láthatósága, a hónap csillagos égboltja. Ezt követik azok az információk, amelyek csillagászati számításokhoz és az amatőr észlelők munkájához szükségesek: a Nap, a Hold és a bolygók koordinátái és fizikai adatai, valamint a különféle segédtablázatok. Végül pedig a speciális észlelési területeken használható előrejelzéseket és adatokat találjuk: fogyatkozásokról, fedésekről, kisbolygókról, meteorrajokról, üstökösökről és egyéb témákról. A tablázatok és adatok Magyarország közepes földrajzi koordinátáira vonatkoznak:

földrajzi hosszúság: $\lambda = +19^{\circ}0$

földrajzi szélesség: $\varphi = +47^{\circ}5$

Minthogy hazánk kiterjedése nem nagy, az évkönyv táblázatai jó közelítéssel használhatók az egész ország területén. A Föld forgásával kapcsolatos időadatoknál a földrajzi hosszúságban mért egy fok különbség 4 időperc eltérést jelent. A kelési, delelési és nyugvási időpontok esetében tehát a 19° hosszúsági körtől keletre fokonként négy perccel le kell vonni a táblázat időadataiból, nyugat felé pedig ugyanennyit hozzá kell adni. Pontos észleléseknél természetesen a koordinátakülönbségből adódó eltéréseket megfelelő számításokkal kell figyelembe venni.

Az időpontadatok többsége világidőben (UT) szerepel, az egyéb számértékek pedig általában a megadott napon 0^h UT-re vonatkoznak. Erre a táblázatok fejlécében elhelyezett UT, ill. 0^h UT jelzés is utal.

A naptár rész minden időpontadatát, valamint a bolygók kelési, delelési és nyugvási időpontjait közép-európai időben (KÖZEI) adtuk meg. A táblázatok fejlécében a KÖZEI felirat utal erre. A nyári időszámítás (NYISZ) tartama alatt az érintett időpontadatoknál az óra és a perc közötti csillag (pl. $16^{\circ}33$) és egy lábjegyzet figyelmeztet arra, hogy a KÖZEI-ben megadott értékhez egy órát hozzá kell adni. A nyári időszámítás várhatóan 2003.03.30., vasárnap hajnali 2^h KÖZEI-től (3^h NYISZ) 2003.10.26., vasárnap hajnali 3^h NYISZ-ig (2^h KÖZEI) lesz érvényben.

A helyi csillagidő értékét a naptár rész ϑ_{gr} oszlopából számolhatjuk ki. Ez a szokásos greenwichi csillagidőt tartalmazza 0^h UT-kor, amit 16 perccel meg-növelve kapjuk a 19° -os földrajzi hosszúság helyi csillagidejét 0^h KÖZEI-kor.

Hozzávetőleges tájékozódásra ehhez elegendő hozzáadni az órák által mutatott időt, és így néhány perc pontossággal meghatározhatjuk a helyi csillagidő pillanatnyi értékét. A nyári időszámítás alatt az így kapott időpontot még egy órával csökkenteni kell. A helyi csillagidő leolvasható a belső bolygók kelését és nyugvását feltüntető ábráról is. Ha nagyobb pontosságra van szükség, a csillagidő értékét a táblázat két szomszédos értéke közötti lineáris interpolációval kapjuk meg. Ehhez még hozzá kell adnunk megfigyelőhelyünk földrajzi hosszúságának megfelelően fokenként 4 perc korrekciót, csak most keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel.

A Nap, a Hold és (a Plútó kivételével) a bolygók egyenlítői koordinátái (RA , D) a pillanatnyi epochára, azaz az égi egyenlítő és a tavaszpont pillanatnyi helyére vonatkoznak. Az égi egyenlítő és a tavaszpont azonban a precesszió miatt elmozdul. Ha tehát pl. az említett koordinátákat csillagtérképre akarjuk vinni, ki kell számolni és figyelembe kell venni a térkép epochája (pl. B1950.0 vagy J2000.0) és a koordináta-adat időpontja közötti időkülönbségnek megfelelő precessziós eltérést.

A Plútó, a kisbolygók és az üstökösök egyenlítői koordinátái J2000.0 epochára szerepelnek, így ezeket egy ilyen jelzésű csillagtérképre közvetlenül át lehet vinni. A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái (λ_e , β) is az ekliptika és a tavaszpont pillanatnyi helyét veszik alapul.

Kelési, illetve nyugvási időpontnak a táblázatokban azt a pillanatot tekintjük, amikor az égitest korongjának felső széle – a légköri refrakció elméleti értékének figyelembevételével – érinti a látóhatárt.

A fázis rovatban szereplő adat azt adja meg, hogyan aránylik az égitest korongjának megvilágított területe a teljes korong területéhez.

A pozíciószög (P) az égi északi iránytól K–D–Ny körüljárással, 0–360°-ig mért szög (bizonyos táblázatokban azonban az észlelési hagyományokat figyelembe véve $\pm 180^\circ$ -ig mérjük). A fényesebb égitest középpontjához viszonyítjuk a halványabbik elhelyezkedését. Az égi északi irányt az égitesten és az égi pólusokon áthaladó főkör jelöli ki, ami általában nem egyezik meg pontosan sem az égitest északi pólusának, sem a terminátor északi végpontjának irányával!

A **naptár** részben minden hónaphoz két oldal táblázat és két oldal képes csillagászati eseménynaptár tartozik. Ezekben minden időadat KÖZEI-ben szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is. Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ($\lambda = 15^\circ$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19^\circ$ földrajzi

hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén. A holdfázis grafikus ábrázolása az adott naptári nap delére kerekített érték alapján készült. Mellette olvasható a négy fő holdfázis pontos időpontja.

A jobb oldali táblázatban a Julán-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A szokásos naptárakban szereplő neveket álló betűkkel, a ritkábban előforduló neveket dőlt betűkkel szedtük. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

A képes oldalakon találjuk az esti és a hajnali égbolt látványát bemutató ábrákat. Az esti kép az adott hónap közepén 21^h -kor, a hajnali pedig 3^h -kor ábrázolja az égboltot. Ha a bolygókat nem vesszük figyelembe, a képek segítségével megtudhatjuk, milyen a csillagok, csillagképek elhelyezkedése tetszőleges más időpontban. Az égbolt képe a Föld Nap körüli keringése miatt egy hónap alatt kb. két óra napi forgásnak megfelelő mértékben változik meg. Emiatt egy adott hónap közepén 21^h -kor ugyanolyannak látjuk az égboltot, mint a hónap elején 22^h -kor, az előző hónap közepén 23^h -kor, az előző hónap elején 24^h -kor; illetve az adott hónap végén 20^h -kor, a következő hónap közepén 19^h -kor, a következő hónap végén 18^h -kor és így tovább. Hasonló számítás alapján használhatjuk a hajnali képeket is más hónapokban.

Az égboltot ábrázoló képek alatt az este, illetve hajnalban látható égitestek felsorolása található. Az esti égbolt listáját kiegészítettük néhány olyan nevezetes objektummal is, amelyeket észlelési gyakorlatokhoz vagy távcsöves bemutatás céljára ajánlunk. Ez után a hónap legfontosabb csillagászati eseményeinek felsorolása következik.

A jobb oldalon a bolygók láthatóságára vonatkozó információkat találjuk. Az oldalsó ábra pedig azt mutatja be, milyen látványt nyújtanak a bolygók a hónap közepén, csillagászati távcsőben. A gyorsan változó Merkúrról három rajzot találunk, melyek a hónap 5., 15. és 25. napján ábrázolják a bolygót. Az egységes méretarányban készült rajzokról leolvasható a bolygók látszó mérete, tengelyük iránya, egyenlítőjük és terminátoruk helyzete.

A **bolygók kelését és nyugvását** bemutató ábrákról közelítő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, a navigációs szürkület időtartama és a 19° keleti hosszúságra vonatkozó helyi csillagidő is. A nyári időszámítás alatt ezeknél az ábráknál is figyelembe kell venni az egy óra korrekciót!

A **bolygók** táblázataiban a kelés, delelés és nyugvás KÖZEI-ben megadott időpontját (a nyári időszámítás idején itt is * jel figyelmeztet az egy óra hozzáadására), a pillanatnyi egyenlítői koordinátákat, a Földtől mért távolságot,

a látszó fényességet és szögátmérőt, a fázist és a Naptól mért szögtávolságot találjuk. Az erősen lapult óriásbolygóknál a szögátmérő az egyenlítőre vonatkozik. A Szaturnusznál szerepel a gyűrű kistengelyének látszó szögmérete is (a nagytengely mindig a korong átmérőjének 2.26-szorosa). Amikor a gyűrű kistengelyének számértéke negatív, a gyűrű déli oldalára látunk rá. A fizikai adatok mindegyike az adott nap 0^h UT-re érvényes.

A **centrálmeridián** táblázatok adják meg, hogy a bolygó felszíni koordináta-rendszerében melyik hosszúsági kör halad át az adott napon 0^h UT-kor a Földről látott bolygókorong középpontján. A centrálmeridiánnak a megfigyelésünk pillanatában érvényes planetografikus hosszúságát a hosszúságváltozást megadó segédtáblázatokból, interpolációval kaphatjuk meg. A Jupiter nem merev testként forog, ezért esetében az I. rendszer az egyenlítői vidékre, a II. rendszer a mérsékelt éghajlati övnek megfelelő részekre vonatkozik.

Az **Uránusz és Neptunusz keresőterképe** e bolygók megtalálását segíti az égen. A látszó pálya kezdeténél lévő korong mutatja a bolygó átlagos fényességét. A pálya mentén lévő számok a bolygó helyét jelölik a megfelelő sorszámu hónap első napján 0^h UT-kor. A kisebb osztások a hónap elejétől eltelt 5 napos időközöknek felelnek meg.

A **bolygók Naptól való kitérését** feltüntető ábráról leolvasható a kitérés szöge és iránya, valamint hozzávetőleges pontossággal az is, hogy melyik csillagképben halad a bolygó a keresett időpontban.

A **bolygók ekliptikai koordinátái** a pillanatnyi heliocentrikus ekliptikai hosszúságot és szélességet, valamint a bolygók Naptól mért távolságát adják meg. Bár az ekliptika voltaképpen a Föld pályásíkja, a Föld ekliptikai szélessége mégis mutat ívmásodperc nagyságú eltérést a nulla értéktől. Ezt a Hold és a bolygók gravitációs hatása okozza.

A **Julián-dátum** táblázatból tetszőleges időpontra megállapítható a JD értéke, azaz egy megállapodás szerinti (de egyébként önkényesen megválasztott) időponttól, i. e. 4713.01.01. 12^h UT-től eltelt napok száma. Egy tetszőleges időpontadat JD-re való átszámítását a tizednap segédtáblázat könnyíti meg.

A **bolygók Nap körüli elhelyezkedését** bemutató ábrák a bolygók pálya menti helyzetét mutatják, a Föld típusú bolygók esetében az év egyes hónapjainak kezdetén, az óriásbolygók és a Plútó esetében az egyes évek kezdetén.

A **Nap adatai** között megtaláljuk a pillanatnyi egyenlítői koordinátáit, a Földtől mért távolságát, látszó szögátmérőjét, geocentrikus ekliptikai hosszúságát. Az utolsó oszlopokban a Földről látott napkorong középpontjának a napfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: heliografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Nap forgástengelyének pozíciószöge kapott helyet.

A **Hold adatai** táblázatban a pillanatnyi egyenlítői koordinátái, a Földtől mért távolsága, látszó szögátmérője és fázisa szerepel. Ezt követi a hajnali

terminátor és a holdi egyenlítő metszéspontjának szelenografikus hosszúsága (*colongitudo*), amit az észlelési hagyományoknak megfelelően nyugati irányba, 0° -tól 360° -ig mérünk. A *colongitudo* pillanatnyi értékének meghatározását segítő interpolációs táblázat a 2001-es kötet 154. oldalán található. Az utolsó oszlopokban a Földről látott holdkorong középpontjának a holdfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: szelenografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Hold forgástengelyének pozíciószöge található.

A **Jupiter-holdak** mozgását feltüntető ábráról tetszőleges időpontra leolvasható a holdak elhelyezkedése a bolygó körül. A közepén látható kettős függőleges vonal a bolygókorong méretét jelzi. A táblázatokban a holdak Budapestről megfigyelhető jelenségei szerepelnek.

A **Szaturnusz-holdak** megfigyeléséhez megadjuk a legnagyobb keleti kitérések időpontját UT-ben. A Titan és a Iapetus esetében a nyugati kitérések időpontja is szerepel. A holdak megtalálását ábra könnyíti meg.

A **kisbolygók** táblázataiban az év során látható legfényesebb kisbolygók J2000.0 epochára vonatkozó koordinátáit és látszó fényességét találjuk a legkedvezőbb megfigyelési időszakra.

Az **üstökösök** táblázataiban a J2000.0-re vonatkozó koordináták, a Naptól, illetve a Földtől mért távolság, a Naptól való kitérés szöge és a várható fényesség szerepel. Az összes ismert és sorszámozott periodikus üstökös fontosabb adatait tartalmazó összefoglaló táblázat az 1997-es évkönyvben található.

A **2001. év üstököseiről** készült összeállítás részletes magyarázata a táblázat mellett található.

A **meteorrajok** táblázatában az év során megfigyelhető fontosabb rajok jellemzőit foglaltuk össze.

A **fogyatkozások és fedések** cím alatt olvashatjuk a nap- és holdfogyatkozásoknak, valamint a Hold bolygófedéseinek adatait.

Külön táblázat tartalmazza a **Hold csillagfedéseit**, amelynek részletes magyarázata a táblázat mellett olvasható.

A **csillagkatalógus** elsősorban azok számára készült, akiknek nagy pontosságú koordinátákra van szükségük. A táblázat alapját az FK5 (*Fundamental Katalog 5*) adatai képezik. A -30° deklinációnál északabbra elhelyezkedő és $4^{\text{m}}0$ -nál fényesebb csillagok adatait tartalmazza. A csillagok egyenlítői koordinátái az év közepére vonatkoznak, a pontos epocha a táblázat végén szerepel. A számítás során a precessió hosszú periódusú tagját és a csillag sajátmozgását vettük figyelembe. A koordináták egy évre eső változása szintén e két mozgás együttes hatását tartalmazza. A sajátmozgás értékek 100 évre vonatkoznak. Végül megtalálható a csillag radiális sebessége, parallaxisa (melynek reciproka a parszekben mért távolságot adja) és vizuális fényessége.

Az idei kötetben is jelennek meg **alkalmi táblázatok**, ezek használati útmutatója a táblázatok mellett található.

Jelek és rövidítések

Holdfázisok, bolygók

●	újhold
◐	első negyed
○	holdtölte
◑	utolsó negyed
♿	Merkúr
♀	Vénusz
♂	Mars
♃	Jupiter
♄	Szaturnusz
♅	Uránusz
♆	Neptunusz
♇	Plútó

Állatövi csillagképek

♈	Kos (Aries)
♉	Bika (Taurus)
♊	Ikrek (Gemini)
♋	Rák (Cancer)
♌	Oroszlán (Leo)
♍	Szűz (Virgo)
♎	Mérleg (Libra)
♏	Skorpió (Scorpius)
♐	Kígyótartó (Ophiuchus)
♑	Nyilas (Sagittarius)
♒	Bak (Capricornus)
♓	Vízöntő (Aquarius)
♈	Halak (Pisces)

A táblázatokban használt gyakoribb jelölések

h_d	a Nap delelési magassága	E	a Naptól mért szögtávolság
E_t	időegyenlítés	b	a Szaturnusz gyűrűjének kistengelye
ϑ_{gr}	greenwichi csillagidő	UT	világidő (Universal Time)
λ	földrajzi hosszúság	KÖZEI	közép-európai idő
φ	földrajzi szélesség	NYISZ	nyári időszámítás
RA	rektaszcenzió	JD	Julián-dátum
D	deklináció	$h\ m\ s$	óra, perc, másodperc
λ_e	ekliptikai hosszúság	$^\circ\ ' \ ''$	fok, ívperc, ívmásodperc
β	ekliptikai szélesség	AU	csillagászati egység (Astronomical Unit)
r	az égitest távolsága a Naptól	C_N	colongitudo
Δ	az égitest távolsága a Földtől	μ_{RA}	sajátmozgás rektaszcenzióban
\varnothing	látszó szögátmérő	μ_D	sajátmozgás deklinációban
L	a centrálmeridián hosszúsága	v_{rad}	radiális sebesség
B	a centrálmeridián szélessége	π	parallaxis
P	a forgástengely pozíciószöge		
m	látszó fényesség		

A csillagképek latin és magyar neve

röv.	latin név	magyar név	röv.	latin név	magyar név
And	Andromeda	Androméda	Lac	Lacerta	Gyík
Ant	Antlia	Légszivattyú	Leo	Leo	Oroszlán
Aps	Apus	Paradicsommadár	LMi	Leo Minor	Kis Oroszlán
Aqr	Aquarius	Vízöntő	Lep	Lepus	Nyúl
Aql	Aquila	Sas	Lib	Libra	Mérleg
Ara	Ara	Oltár	Lup	Lupus	Farkas
Ari	Aries	Kos	Lyn	Lynx	Hiúz
Aur	Auriga	Szekeres	Lyr	Lyra	Lant
Boo	Bootes	Ökörhajcsár	Men	Mensa	Táblahegy
Cae	Caelum	Véső	Mic	Microscopium	Mikroszkóp
Cam	Camelopardalis	Zsiráf	Mon	Monoceros	Egyszarvú
Cnc	Cancer	Rák	Mus	Musca	Légy
CVn	Canes Venatici	Vadászebek	Nor	Norma	Szögmérő
CMA	Canis Maior	Nagy Kutya	Oct	Octans	Oktáns
CMI	Canis Minor	Kis Kutya	Oph	Ophiuchus	Kígyótartó
Cap	Capricornus	Bak	Ori	Orion	Orion
Car	Carina	Hajógerinc	Pav	Pavo	Páva
Cas	Cassiopeia	Kassziopeia	Peg	Pegasus	Pegazus
Cen	Centaurus	Kentaur	Per	Perseus	Perzeusz
Cep	Cepheus	Cefeusz	Ph	Phoenix	Főnix
Cet	Cetus	Cet	Pic	Pictor	Festő
Cha	Chamaeleon	Kaméleon	Psc	Pisces	Halak
Cir	Circinus	Körző	PsA	Piscis Austrinis	Déli Hal
Col	Columba	Galamb	Pup	Puppis	Hajófara
Com	Coma Berenices	Bereniké haja	Pyx	Pyxis	Tájoló
CrA	Corona Australis	Déli Korona	Ret	Reticulum	Háló
CrB	Corona Borealis	Északi Korona	Sge	Sagitta	Nyíl
Crv	Corvus	Holló	Sgr	Sagittarius	Nyilas
Crt	Crater	Serleg	Sco	Scorpius	Skorpió
Cru	Crux	Déli Keresztje	Scl	Sculptor	Szobrász
Cyg	Cygnus	Hattyú	Sct	Scutum	Pajzs
Del	Delphinus	Delfin	Ser	Serpens	Kígyó
Dor	Dorado	Aranyhal	Sex	Sextans	Szextáns
Dra	Draco	Sárkány	Tau	Taurus	Bika
Equ	Equuleus	Csikó	Tel	Telescopium	Távcső
Eri	Eridanus	Eridánusz	Tri	Triangulum	Háromszög
For	Fornax	Kemence	TrA	Triang. Australe	Déli Háromszög
Gem	Gemini	Ikrek	Tuc	Tucana	Tukán
Gru	Grus	Daru	UMa	Ursa Maior	Nagy Medve
Her	Hercules	Herkules	UMi	Ursa Minor	Kis Medve
Hor	Horologium	Ingaóra	Vel	Vela	Vitorla
Hya	Hydra	Északi Vízikígyó	Vir	Virgo	Szűz
Hyi	Hydrus	Déli Vízikígyó	Vol	Volans	Repülőhal
Ind	Indus	Indián	Vul	Vulpecula	Kis Róka

Táblázatok

$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – január

KÖZEI

dátum	Nap					Hold			
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik	fázis
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
1. hét									
1. sz 1.	7 32	11 47	16 03	19.4	−3.2	6 12	10 25	14 33	● 21 23
2. cs 2.	7 32	11 48	16 04	19.5	−3.6	7 23	11 25	15 27	●
3. p 3.	7 32	11 48	16 05	19.6	−4.1	8 22	12 25	16 31	●
4. sz 4.	7 32	11 49	16 06	19.7	−4.6	9 08	13 22	17 41	●
5. v 5.	7 32	11 49	16 07	19.8	−5.0	9 43	14 15	18 54	●
2. hét									
6. h 6.	7 31	11 50	16 08	19.9	−5.5	10 11	15 03	20 05	●
7. k 7.	7 31	11 50	16 09	20.1	−5.9	10 33	15 48	21 14	●
8. sz 8.	7 31	11 51	16 11	20.2	−6.4	10 51	16 30	22 20	●
9. cs 9.	7 30	11 51	16 12	20.3	−6.8	11 08	17 11	23 25	●
10. p 10.	7 30	11 51	16 13	20.5	−7.2	11 25	17 50	—	● 14 15
11. sz 11.	7 30	11 52	16 14	20.6	−7.6	11 42	18 31	0 29	○
12. v 12.	7 29	11 52	16 15	20.8	−8.0	12 01	19 13	1 33	○
3. hét									
13. h 13.	7 29	11 53	16 17	20.9	−8.4	12 23	19 58	2 39	○
14. k 14.	7 28	11 53	16 18	21.1	−8.8	12 50	20 46	3 47	○
15. sz 15.	7 28	11 53	16 19	21.3	−9.1	13 25	21 38	4 54	○
16. cs 16.	7 27	11 54	16 21	21.4	−9.5	14 09	22 33	5 59	○
17. p 17.	7 26	11 54	16 22	21.6	−9.8	15 05	23 30	6 58	○
18. sz 18.	7 25	11 54	16 24	21.8	−10.2	16 12	—	7 48	○ 11 48
19. v 19.	7 25	11 55	16 25	22.1	−10.5	17 27	0 26	8 29	○
4. hét									
20. h 20.	7 24	11 55	16 26	22.3	−10.8	18 46	1 22	9 02	○
21. k 21.	7 23	11 55	16 28	22.5	−11.1	20 05	2 15	9 28	○
22. sz 22.	7 22	11 55	16 29	22.7	−11.4	21 23	3 06	9 51	○
23. cs 23.	7 21	11 56	16 31	22.9	−11.6	22 41	3 55	10 12	○
24. p 24.	7 20	11 56	16 32	23.1	−11.9	—	4 44	10 33	○
25. sz 25.	7 19	11 56	16 34	23.4	−12.1	0 00	5 33	10 55	○ 9 33
26. v 26.	7 18	11 56	16 35	23.6	−12.4	1 19	6 24	11 19	●
5. hét									
27. h 27.	7 17	11 57	16 37	23.9	−12.6	2 38	7 18	11 49	●
28. k 28.	7 16	11 57	16 38	24.1	−12.8	3 56	8 15	12 27	●
29. sz 29.	7 15	11 57	16 40	24.4	−13.0	5 09	9 13	13 15	●
30. cs 30.	7 14	11 57	16 42	24.7	−13.2	6 11	10 12	14 14	●
31. p 31.	7 12	11 57	16 43	24.9	−13.3	7 01	11 09	15 22	●

január

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2452 641	6 40 56	Újév; Fruzsina, Eufrozina, Mária, Marietta
2.	2452 642	6 44 53	Ábel, Gergely, Gergő, Gerő, Vászoly, Vazul
3.	2452 643	6 48 50	Benjámin, Genovéva, Gyöngyvér
4.	2452 644	6 52 46	Leona, Títusz, Angéla
5.	2452 645	6 56 43	Simon, Amáta, Deli, Emília
6.	2452 646	7 00 39	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2452 647	7 04 36	Attila, Ramóna, Lucián, Rajmund
8.	2452 648	7 08 32	Gyöngyvér, Keve, Szeverin, Szörény
9.	2452 649	7 12 29	Marcell, Juliánusz
10.	2452 650	7 16 25	Melánia, Vilmos
11.	2452 651	7 20 22	Ágota, Szalvia
12.	2452 652	7 24 19	Ernő, Erna
13.	2452 653	7 28 15	Veronika, Csongor, Vidor
14.	2452 654	7 32 12	Bódog, Félix, Vidor
15.	2452 655	7 36 08	Loránd, Lóránt, Itala, Mór, Pál, Roland
16.	2452 656	7 40 05	Gusztáv, Marcell
17.	2452 657	7 44 01	Antal, Antónia, Örs
18.	2452 658	7 47 58	Piroska, Margaréta, Margit
19.	2452 659	7 51 54	Sára, Márió, Gréta, Margit, Megyer
20.	2452 660	7 55 51	Fábián, Sebestyén, Özséb, Sebő
21.	2452 661	7 59 48	Ágnes
22.	2452 662	8 03 44	Vince, Artúr, Anasztáz
23.	2452 663	8 07 41	Zelma, Rajmund, Emerencia
24.	2452 664	8 11 37	Timót, Metella, Xénia
25.	2452 665	8 15 34	Pál, Bottyán, Henrik
26.	2452 666	8 19 30	Vanda, Paula, Tamara, Timót, Títusz
27.	2452 667	8 23 27	Angelika, Angéla, János, Lotár
28.	2452 668	8 27 23	Károly, Karola, Péter
29.	2452 669	8 31 20	Adél, Ferenc, Valér
30.	2452 670	8 35 17	Martina, Gerda, Jácinta
31.	2452 671	8 39 13	Marcella, János, Virgília

6. Vízkereszt

14. A Julián-naptár szerinti újév napja.



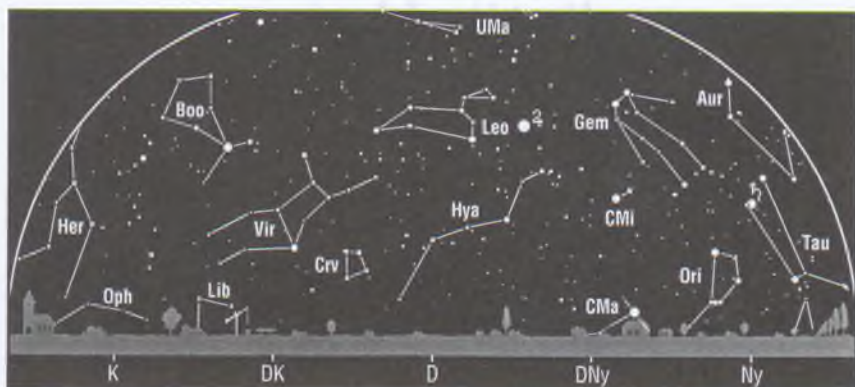
Az esti égbolt

Hold 3-tól 18-ig, Jupiter késő este, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, α CVn, ζ UMa. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbthalmazok:** M15 (Peg), M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

- 2. 21^h Újhold.
- 4. 00^h A Merkúr 4^o6-kal északra a Holdtól.
- 4. 06^h A Föld napközében.
- 4. 20^h A Neptunusz 4^o6-kal északra a Holdtól.
- 6. 02^h Az Uránusz 4^o3-kal északra a Holdtól.
- 10. 14^h Első negyed.
- 11. 04^h A Vénusz legnagyobb nyugati kitérésben (47^o).
- 11. 21^h A Merkúr alsó együttállásban.
- 15. 21^h A Szaturnusz 2^o7-kal délre a Holdtól.
- 18. 12^h Telehold.
- 19. 16^h A Jupiter 3^o9-kal délre a Holdtól.
- 25. 10^h Utolsó negyed.
- 27. 16^h A Mars 0^o5-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 28. 20^h A Vénusz 4^o3-kal északra a Holdtól.
- 30. 11^h A Merkúr 4^o8-kal északra a Holdtól.
- 31. 01^h A Neptunusz együttállásban a Nappal.
- 31. 06^h A Mars 5^o-kal északra az Antarestől.



A hajnali égbolt

Hold 1-jén és 18-tól, Merkúr 20-tól, Vénusz, Mars, Jupiter.

A bolygók

Merkúr: Az év első napjaiban még megkereshető az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött. 11-én alsó együttállásban van a Nappal. A hónap második felében már a hajnali égbolton figyelhető meg, a keleti látóhatár közelében.

Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején négy órával, végén három órával kel a Nap előtt. 11-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 47° -ra a Naptól. Fényessége $-4^m.5$ -ről $-4^m.3$ -ra csökken; fázisa 0.45-ről 0.6-re növekszik.

Mars: Négy órával kel a Nap előtt. A hajnali égen látható a Mérleg, a Skorpió majd a Kígyótartó csillagképben. Fényessége $1^m.5$, átmérője $5''$, mindkettő növekszik.

Jupiter: Napnyugta után kel. Az éjszaka nagy részében látható a Rák csillagképben. Fényessége $-2^m.5$, átmérője $45''$.

Szaturnusz: Napnyugta előtt kel, és az éjszaka nagy részében látható a Bika csillagképben. Fényessége $-0^m.3$, átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: Az év első napjaiban még megkísérelhető észlelésük az esti szürkületben, de láthatóságuk gyorsan romlik. A Neptunusz 31-én kerül együttállásba a Nappal.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

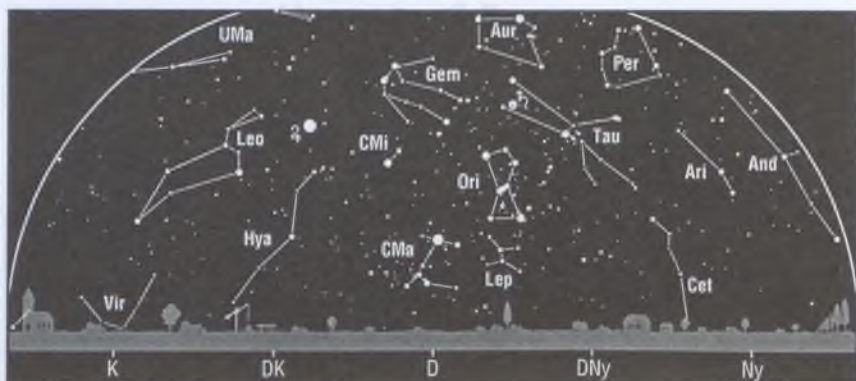
Naptár – február

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold				fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m				h m	h m	h m		
5. hét											
1. sz 32.	7 11	11 58	16 45	25.2	−13.5		7 40	12 04	16 34	●	11 48
2. v 33.	7 10	11 58	16 46	25.5	−13.6		8 11	12 54	17 46	●	
6. hét											
3. h 34.	7 08	11 58	16 48	25.8	−13.7		8 35	13 40	18 56	●	
4. k 35.	7 07	11 58	16 49	26.1	−13.8		8 55	14 24	20 04	●	
5. sz 36.	7 06	11 58	16 51	26.4	−13.9		9 12	15 05	21 10	●	
6. cs 37.	7 04	11 58	16 52	26.7	−14.0		9 29	15 46	22 15	●	
7. p 38.	7 03	11 58	16 54	27.0	−14.1		9 46	16 26	23 19	●	
8. sz 39.	7 01	11 58	16 56	27.3	−14.2		10 03	17 07	—	●	
9. v 40.	7 00	11 58	16 57	27.6	−14.2		10 24	17 50	0 24	●	12 11
7. hét											
10. h 41.	6 58	11 58	16 59	27.9	−14.2		10 48	18 37	1 31	○	
11. k 42.	6 57	11 58	17 00	28.3	−14.2		11 19	19 26	2 37	○	
12. sz 43.	6 55	11 58	17 02	28.6	−14.2		11 58	20 19	3 43	○	
13. cs 44.	6 54	11 58	17 03	28.9	−14.2		12 48	21 15	4 44	○	
14. p 45.	6 52	11 58	17 05	29.3	−14.2		13 51	22 12	5 38	○	
15. sz 46.	6 50	11 58	17 07	29.6	−14.2		15 03	23 08	6 23	○	
16. v 47.	6 49	11 58	17 08	29.9	−14.1		16 22	—	7 00	○	
8. hét											
17. h 48.	6 47	11 58	17 10	30.3	−14.1		17 43	0 04	7 29	○	0 51
18. k 49.	6 45	11 58	17 11	30.7	−14.0		19 05	0 57	7 54	○	
19. sz 50.	6 44	11 58	17 13	31.0	−13.9		20 26	1 48	8 16	○	
20. cs 51.	6 42	11 58	17 14	31.4	−13.8		21 47	2 39	8 37	○	
21. p 52.	6 40	11 58	17 16	31.7	−13.7		23 08	3 29	8 58	○	
22. sz 53.	6 38	11 58	17 17	32.1	−13.6		—	4 21	9 22	○	
23. v 54.	6 37	11 57	17 19	32.4	−13.5		0 29	5 14	9 51	○	17 46
9. hét											
24. h 55.	6 35	11 57	17 20	32.8	−13.3		1 48	6 10	10 26	●	
25. k 56.	6 33	11 57	17 22	33.2	−13.2		3 01	7 08	11 11	●	
26. sz 57.	6 31	11 57	17 24	33.6	−13.0		4 06	8 06	12 05	●	
27. cs 58.	6 29	11 57	17 25	33.9	−12.9		4 59	9 03	13 10	●	
28. p 59.	6 27	11 57	17 27	34.3	−12.7		5 41	9 57	14 19	●	

február

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 672	8 43 10	Ignác, <i>Kincső, Szevér</i>
2.	2 452 673	8 47 06	Karolina, Aida, <i>Apor, Virginia</i>
3.	2 452 674	8 51 03	Balázs, <i>Oszkár</i>
4.	2 452 675	8 54 59	Ráhel, Csenge, <i>Andor, András, Andrea, Endre</i>
5.	2 452 676	8 58 56	Ágota, Ingrid, <i>Etel, Etelka</i>
6.	2 452 677	9 02 52	Dorottya, Dóra, <i>Gaszton, Pál, Titanilla</i>
7.	2 452 678	9 06 49	Tódor, Rómeó
8.	2 452 679	9 10 46	Aranka, János
9.	2 452 680	9 14 42	Abigél, Alex, <i>Apollónia, Hanga, Polla</i>
10.	2 452 681	9 18 39	Elvira, <i>Szorina, Virág</i>
11.	2 452 682	9 22 35	Bertold, Marietta, <i>Adolf, Mária</i>
12.	2 452 683	9 26 32	Livia, Lídia, <i>Evelin</i>
13.	2 452 684	9 30 28	Ella, Linda, <i>Katalin, Kitti, Levente</i>
14.	2 452 685	9 34 25	Bálint, Valentin, <i>Cirill, Kürt, Valentina</i>
15.	2 452 686	9 38 21	Kolos, Georgina, György, <i>Györgyi, Szigfrid</i>
16.	2 452 687	9 42 18	Julianna, Lilla, <i>Éliás, Júlia</i>
17.	2 452 688	9 46 15	Donát, <i>Elek</i>
18.	2 452 689	9 50 11	Bernadett, <i>Bolivár, Konrád, Simon</i>
19.	2 452 690	9 54 08	Zsuzsanna, <i>Konrád, Oszvald</i>
20.	2 452 691	9 58 04	Aladár, Álmos, <i>Amáta</i>
21.	2 452 692	10 02 01	Eleonóra, <i>Leonóra, Nóra, Péter</i>
22.	2 452 693	10 05 57	Gerzson, <i>Margaréta, Margit, Petra</i>
23.	2 452 694	10 09 54	Alfréd, <i>Péter</i>
24.	2 452 695	10 13 50	Mátyás
25.	2 452 696	10 17 47	Géza, Cézár, <i>Tarcal</i>
26.	2 452 697	10 21 44	Edina, Győző, <i>Ottokár, Sándor</i>
27.	2 452 698	10 25 40	Ákos, Bátor, <i>Gábor, Gábiel</i>
28.	2 452 699	10 29 37	Elemér, <i>Oszvald, Román</i>



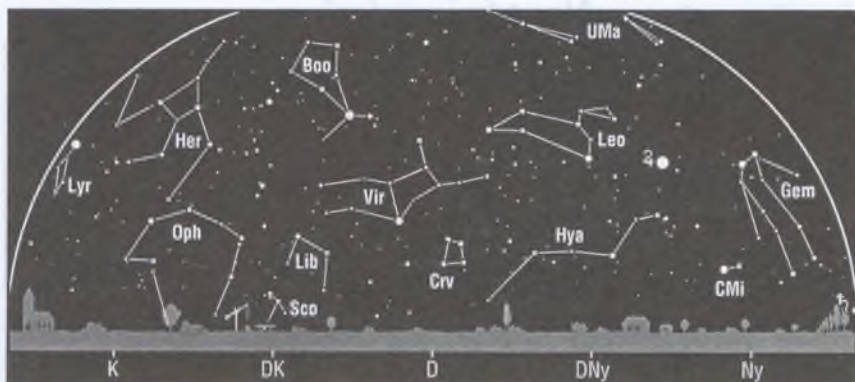
Az esti égbolt

Hold 2-tól 16-ig, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, ζ UMa. **Nylthalmazok:** η és χ Per, M45 (Pléjádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Prészepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (Uma).

Csillagászati események

1. 10^h A Neptunusz 4^o6-kal északra a Holdtól.
1. 12^h Újhold.
2. 10^h A Jupiter szembenállásban.
2. 17^h Az Uránusz 4^o2-kal északra a Holdtól.
4. 02^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (25^o).
9. 12^h Első negyed.
12. 04^h A Szaturnusz 2^o6-kal délre a Holdtól.
15. 19^h A Jupiter 3^o7-kal délre a Holdtól.
17. 01^h Telehold.
17. 23^h Az Uránusz együttállásban a Nappal.
21. 01^h A Merkúr 1^o5-kal délre a Neptunusztól.
23. 18^h Utolsó negyed.
25. 06^h A Mars 1^o9-kal északra a Holdtól.
27. 12^h A Vénusz 5^o1-kal északra a Holdtól.
28. 16^h A Neptunusz 4^o7-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 16-tól, Merkúr 15-ig, Vénusz, Mars, Jupiter.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében figyelhető meg a hajnali égbolton, a keleti látóhatár közelében. 4-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 25° -ra a Naptól.

Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején három órával, végén két órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m3 -ról -4^m1 -ra csökken; fázisa 0.6-ról 0.7-re növekszik.

Mars: Négy órával kel a Nap előtt. A hajnali égen látható a Kígyótartó, majd a Nyilas csillagképben. Fényessége 1^m1 , átmérője $6''$, mindkettő növekszik.

Jupiter: 2-án kerül szembenállásba a Nappal. Egész éjszaka látható a Rák csillagképben. Fényessége -2^m6 , átmérője $45''$.

Szaturnusz: Az éjszaka nagy részében látható a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik. Fényessége -0^m1 , átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Az Uránusz 17-én kerül együttállásba a Nappal.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ.5$

Naptár – március

KÖZEI*

dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
9. hét										
1. sz 60.	6 26	11 56	17 28	34.7	-12.5	6 13	10 48	15 31	●	
2. v 61.	6 24	11 56	17 30	35.1	-12.3	6 38	11 35	16 41	●	
10. hét										
3. h 62.	6 22	11 56	17 31	35.5	-12.1	6 59	12 19	17 50	●	3 35
4. k 63.	6 20	11 56	17 33	35.8	-11.9	7 17	13 01	18 57	●	
5. sz 64.	6 18	11 56	17 34	36.2	-11.7	7 34	13 42	20 02	●	
6. cs 65.	6 16	11 55	17 36	36.6	-11.5	7 50	14 22	21 07	●	
7. p 66.	6 14	11 55	17 37	37.0	-11.3	8 07	15 03	22 12	●	
8. sz 67.	6 12	11 55	17 39	37.4	-11.0	8 26	15 45	23 18	●	
9. v 68.	6 10	11 55	17 40	37.8	-10.8	8 48	16 30	—	●	
11. hét										
10. h 69.	6 08	11 54	17 41	38.2	-10.5	9 16	17 17	0 24	●	
11. k 70.	6 06	11 54	17 43	38.5	-10.3	9 50	18 08	1 29	●	8 15
12. sz 71.	6 04	11 54	17 44	38.9	-10.0	10 35	19 01	2 32	●	
13. cs 72.	6 02	11 54	17 46	39.3	-9.7	11 30	19 56	3 28	●	
14. p 73.	6 00	11 53	17 47	39.7	-9.5	12 37	20 52	4 16	●	
15. sz 74.	5 58	11 53	17 49	40.1	-9.2	13 53	21 48	4 55	●	
16. v 75.	5 56	11 53	17 50	40.5	-8.9	15 13	22 42	5 27	●	
12. hét										
17. h 76.	5 54	11 52	17 52	40.9	-8.6	16 36	23 34	5 53	○	
18. k 77.	5 52	11 52	17 53	41.3	-8.3	17 59	—	6 17	○	11 34
19. sz 78.	5 50	11 52	17 54	41.7	-8.0	19 22	0 26	6 38	○	
20. cs 79.	5 48	11 52	17 56	42.1	-7.7	20 46	1 18	7 00	○	
21. p 80.	5 46	11 51	17 57	42.5	-7.5	22 11	2 11	7 23	○	
22. sz 81.	5 44	11 51	17 59	42.9	-7.2	23 34	3 06	7 50	○	
23. v 82.	5 42	11 51	18 00	43.3	-6.9	—	4 03	8 24	○	
13. hét										
24. h 83.	5 40	11 50	18 02	43.7	-6.6	0 53	5 02	9 06	○	
25. k 84.	5 38	11 50	18 03	44.1	-6.2	2 02	6 01	9 59	○	2 51
26. sz 85.	5 36	11 50	18 04	44.5	-5.9	2 59	6 59	11 01	○	
27. cs 86.	5 34	11 50	18 06	44.8	-5.6	3 43	7 54	12 10	○	
28. p 87.	5 32	11 49	18 07	45.2	-5.3	4 17	8 45	13 20	○	
29. sz 88.	5 30	11 49	18 09	45.6	-5.0	4 44	9 33	14 31	○	
30. v 89.	5*28	11*49	18*10	46.0	-4.7	5*05	10*17	15*40	○	
14. hét										
31. h 90.	5*26	11*48	18*12	46.4	-4.4	5*24	10*59	16*46	○	

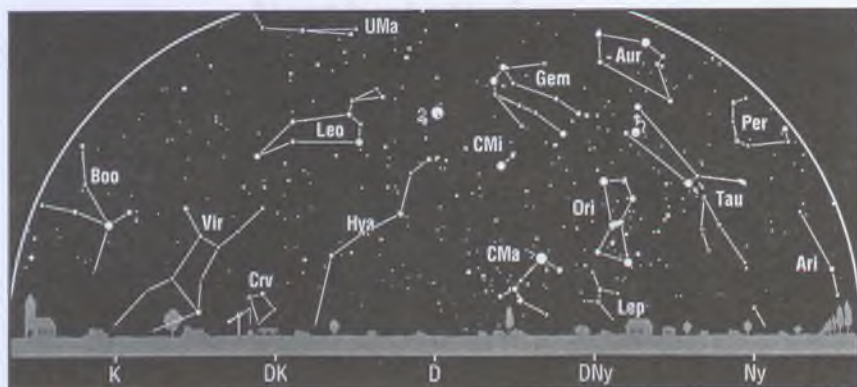
* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

március

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 700	10 33 33	Albin, <i>Albina</i>
2.	2 452 701	10 37 30	Lujza, <i>Kada</i>
3.	2 452 702	10 41 26	Kornélia, <i>Frigyes, Kamilla, Kunigunda</i>
4.	2 452 703	10 45 23	Kázmér, <i>Adorján, Adrián, Adrienn, Matild, Zorán</i>
5.	2 452 704	10 49 19	Adorján, <i>Adrián, Adrienn, Olívia, Virgil</i>
6.	2 452 705	10 53 16	Leonóra, <i>Inez, Gotlib, Nóra</i>
7.	2 452 706	10 57 13	Tamás
8.	2 452 707	11 01 09	Zoltán, <i>János</i>
9.	2 452 708	11 05 06	Franciska, <i>Fanni, Domokos, Domonkos</i>
10.	2 452 709	11 09 02	Ildikó, <i>Etele, Kadosa, Melitta</i>
11.	2 452 710	11 12 59	Szilárd, <i>Aladár, Bendegúz, Borsika, Konstantina</i>
12.	2 452 711	11 16 55	Gergely, <i>Gergő, Gerő</i>
13.	2 452 712	11 20 52	Krisztián, <i>Ajtony, Arabella, Rozina, Solt</i>
14.	2 452 713	11 24 48	Matild, <i>Paulina, Tilda, Tilla</i>
15.	2 452 714	11 28 45	Nemzeti ünnep; <i>Kristóf, Kelemen, Kenese</i>
16.	2 452 715	11 32 42	Henrietta, <i>Geréb, Henriett, Zádor</i>
17.	2 452 716	11 36 38	Gertrúd, <i>Patrik, Patrícia</i>
18.	2 452 717	11 40 35	Sándor, <i>Ede, Alexandra, Cirill, Szandra</i>
19.	2 452 718	11 44 31	József, <i>Bánk</i>
20.	2 452 719	11 48 28	Klaudia, <i>Hubert, Mór</i>
21.	2 452 720	11 52 24	Benedek, <i>Bence, Miklós</i>
22.	2 452 721	11 56 21	Beáta, <i>Izolda, Katalin, Kitti, Lea</i>
23.	2 452 722	12 00 17	Emőke, <i>Balabán, Kartal</i>
24.	2 452 723	12 04 14	Gábor, <i>Karina, Gábel</i>
25.	2 452 724	12 08 11	Irén, <i>Írisz, Irina, Mária, Marietta</i>
26.	2 452 725	12 12 07	Emánuel, <i>Manó, Manuella</i>
27.	2 452 726	12 16 04	Hajnalka
28.	2 452 727	12 20 00	Gedeon, <i>Johanna, Janka, Zsanett</i>
29.	2 452 728	12 23 57	Augusztá
30.	2 452 729	12 27 53	Zalán, <i>Amadé, Izidor</i>
31.	2 452 730	12 31 50	Árpád, <i>Benő, Gujdó, Janka, Johanna, Zsanett</i>

4. Az iszlám naptár 1424. évének kezdete napnyugtakor.

30. A nyári időszámítás kezdete 2^hKÖZEI-kor.



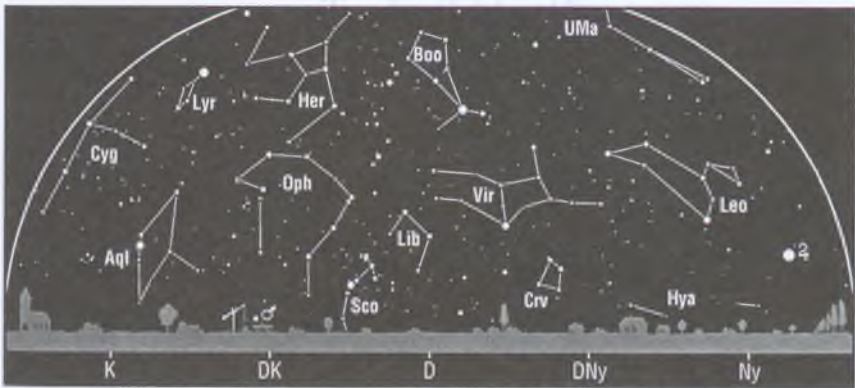
Az esti égbolt

Hold 4-től 18-ig, Jupiter, Szaturnusz. Virginidák meteorraj.

Kettőscsillagok: σ Ori, α CVn, ζ UMa. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbthalmazok:** M3 (CVn). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 16^h A Merkúr 2^o9-kal északra a Holdtól.
2. 04^h Az Uránusz 4^o3-kal északra a Holdtól.
3. 04^h Újhold.
4. 14^h A Merkúr 1^o4-kal délre az Uránusztól.
11. 08^h Első negyed.
11. 13^h A Szaturnusz 2^o8-kal délre a Holdtól.
12. 21^h A Vénusz 0^o2-kal északra a Neptunusztól.
15. 01^h A Jupiter 3^o8-kal délre a Holdtól.
18. 12^h Telehold.
21. 02^h 00^m Tavaszi napéjegyenlőség.
22. 01^h A Merkúr felső együttállásban.
25. 03^h Utolsó negyed.
25. 19^h A Mars 2^o9-kal északra a Holdtól.
27. 00^h A Vesta szembenállásban.
27. 23^h A Neptunusz 4^o9-kal északra a Holdtól.
28. 14^h A Vénusz 0^o05-kal északra az Uránusztól.
29. 09^h Az Uránusz 4^o4-kal északra a Holdtól.
29. 11^h A Vénusz 4^o4-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 2-ig és 18-tól, Vénusz, Mars, Jupiter kora hajnalban.

A bolygók

Merkúr: Helyzete megfigyelésre nem alkalmas. 22-én felső együttállásban van a Nappal.

Vénusz: A hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti látóhatár fölött. A hó elején két órával, végén egy órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m1 -ről -4^m0 -ra csökken; fázisa 0.7-ről 0.8-re növekszik.

Mars: Három és fél órával kel a Nap előtt. A hajnali égen látható a Nyilas csillagképben. Fényessége 0^m8 , átmérője $7''$, mindkettő növekszik.

Jupiter: Az éjszaka nagy részében megfigyelhető a Rák csillagképben. Hajnalban nyugszik. Fényessége -2^m4 , átmérője $43''$.

Szaturnusz: Az éjszaka első felében látható a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége 0^m0 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhetők meg.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – április

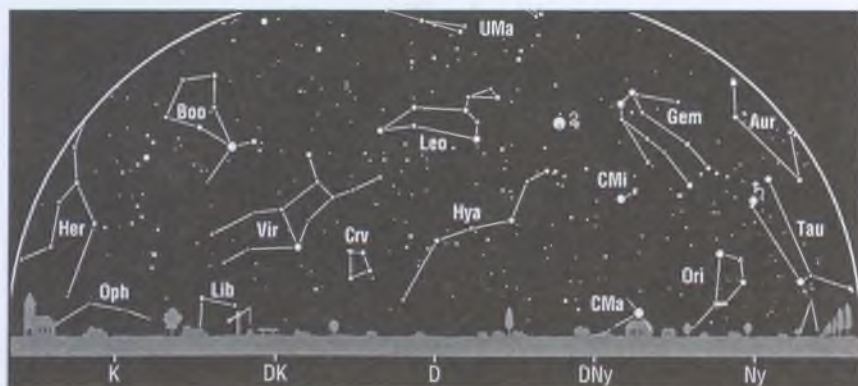
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik			kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m			h m	h m	h m	
14. hét									
1. k 91.	5*24	11*48	18*13	46.8	-4.1	5*40	11*40	17*52	● 20*19
2. sz 92.	5*22	11*48	18*14	47.2	-3.8	5*56	12*20	18*57	●
3. cs 93.	5*20	11*47	18*16	47.6	-3.5	6*13	13*00	20*02	●
4. p 94.	5*18	11*47	18*17	48.0	-3.3	6*31	13*42	21*07	●
5. sz 95.	5*16	11*47	18*19	48.3	-3.0	6*51	14*26	22*14	●
6. v 96.	5*14	11*47	18*20	48.7	-2.7	7*16	15*12	23*19	●
15. hét									
7. h 97.	5*12	11*46	18*21	49.1	-2.4	7*47	16*01	—	●
8. k 98.	5*10	11*46	18*23	49.5	-2.1	8*27	16*52	0*23	●
9. sz 99.	5*08	11*46	18*24	49.8	-1.8	9*17	17*46	1*20	●
10. cs 100.	5*06	11*45	18*26	50.2	-1.6	10*18	18*40	2*11	● 0*40
11. p 101.	5*04	11*45	18*27	50.6	-1.3	11*28	19*34	2*52	●
12. sz 102.	5*02	11*45	18*28	50.9	-1.0	12*45	20*27	3*26	●
13. v 103.	5*00	11*45	18*30	51.3	-0.8	14*04	21*19	3*53	○
16. hét									
14. h 104.	4*59	11*44	18*31	51.7	-0.5	15*26	22*11	4*17	○
15. k 105.	4*57	11*44	18*33	52.0	-0.3	16*49	23*02	4*39	○
16. sz 106.	4*55	11*44	18*34	52.4	-0.0	18*14	23*55	5*00	○ 20*36
17. cs 107.	4*53	11*44	18*35	52.8	+0.2	19*41	—	5*22	○
18. p 108.	4*51	11*43	18*37	53.1	+0.5	21*08	0*50	5*48	○
19. sz 109.	4*49	11*43	18*38	53.4	+0.7	22*33	1*48	6*19	○
20. v 110.	4*47	11*43	18*40	53.8	+0.9	23*50	2*49	6*58	○
17. hét									
21. h 111.	4*45	11*43	18*41	54.1	+1.1	—	3*50	7*48	○
22. k 112.	4*44	11*43	18*42	54.5	+1.3	0*54	4*51	8*49	○
23. sz 113.	4*42	11*42	18*44	54.8	+1.5	1*44	5*49	9*58	○ 13*18
24. cs 114.	4*40	11*42	18*45	55.2	+1.7	2*21	6*42	11*10	○
25. p 115.	4*38	11*42	18*47	55.5	+1.9	2*50	7*31	12*21	○
26. sz 116.	4*37	11*42	18*48	55.8	+2.1	3*12	8*17	13*31	○
27. v 117.	4*35	11*42	18*49	56.1	+2.2	3*31	8*59	14*38	○
18. hét									
28. h 118.	4*33	11*42	18*51	56.4	+2.4	3*48	9*40	15*43	○
29. k 119.	4*31	11*41	18*52	56.8	+2.5	4*04	10*20	16*48	○
30. sz 120.	4*30	11*41	18*54	57.1	+2.7	4*20	11*00	17*53	○

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

április

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 731	12 35 46	Hugó, <i>Melitta</i>
2.	2 452 732	12 39 43	Áron, <i>Ferenc, Tünde</i>
3.	2 452 733	12 43 40	Buda, Richárd, <i>Keresztély, Krisztián</i>
4.	2 452 734	12 47 36	Izidor
5.	2 452 735	12 51 33	Vince, <i>Teodóra</i>
6.	2 452 736	12 55 29	Vilmos, Bíborka, <i>Celesztin</i>
7.	2 452 737	12 59 26	Herman, <i>József</i>
8.	2 452 738	13 03 22	Dénes, <i>Lidia, Mária, Marietta, Valter</i>
9.	2 452 739	13 07 19	Erhard, <i>Kreszcencia</i>
10.	2 452 740	13 11 15	Zsolt
11.	2 452 741	13 15 12	Leó, Szaniszló, <i>Glória, Laura, Leona</i>
12.	2 452 742	13 19 09	Gyula
13.	2 452 743	13 23 05	Ida, <i>Dalida, Márton</i>
14.	2 452 744	13 27 02	Tibor
15.	2 452 745	13 30 58	Anasztázia, Tas, <i>Cézár, Novávia</i>
16.	2 452 746	13 34 55	Csongor, <i>Bánk, Bernadett, József</i>
17.	2 452 747	13 38 51	Rudolf, <i>Csongor, Rezső</i>
18.	2 452 748	13 42 48	Andrea, Ilma, <i>Andor, András, Apolló, Endre</i>
19.	2 452 749	13 46 44	Emma, <i>Kocsárd</i>
20.	2 452 750	13 50 41	Húsvét; Tivadar
21.	2 452 751	13 54 38	Húsvét; Konrád, <i>Zsombor</i>
22.	2 452 752	13 58 34	Csilla, Noémi, <i>Noé</i>
23.	2 452 753	14 02 31	Béla, <i>Gellért</i>
24.	2 452 754	14 06 27	György, <i>Fidél, Györgyi, Hunor</i>
25.	2 452 755	14 10 24	Márk, <i>Anyos, Ervin, Márkus</i>
26.	2 452 756	14 14 20	Ervin
27.	2 452 757	14 18 17	Zita, <i>Arisztid, Marianna</i>
28.	2 452 758	14 22 13	Valéria, <i>Pál, Patrícia, Patrik, Péter</i>
29.	2 452 759	14 26 10	Péter, <i>Albert, Antónia, Katalin, Szibilla</i>
30.	2 452 760	14 30 07	Katalin, <i>Kitti</i>



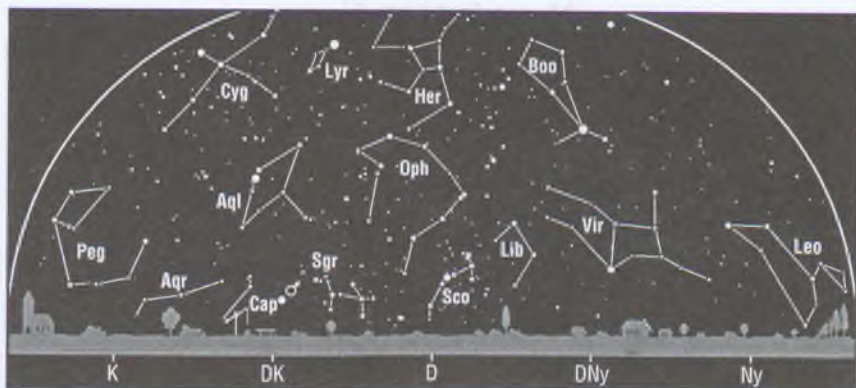
Az esti égbolt

Hold 2-tól 16-ig, Merkúr, Jupiter, Szaturnusz. Virginidák meteorraj.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa. **Nyílthalmazok:** M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M3 (CVn), M13 (Her), M92 (Her). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M4^c (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombbrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 20^h* Újhold.
3. 00^h* A Merkúr 3^o6'-kal északra a Holdtól.
7. 23^h* A Szaturnusz 3^o0'-kal délre a Holdtól.
10. 01^h* Első negyed.
11. 09^h* A Jupiter 3^o9'-kal délre a Holdtól.
16. 16^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (20").
16. 21^h* Telehold.
23. 08^h* A Mars 3^o3'-kal északra a Holdtól.
23. 13^h* Utolsó negyed.
24. 05^h* A Neptunusz 5^o0'-kal északra a Holdtól.
25. 17^h* Az Uránusz 4^o5'-kal északra a Holdtól.
28. 18^h* A Vénusz 2^o4'-kal északra a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 16-tól, Vénusz szürkületben, Mars, Uránusz és Neptunusz szürkületben. Áprilisi Lyridák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: Este látható a nyugati látóhatár fölött. Helyzete megfigyelésre igen kedvező. 16-án van legnagyobb keleti kitérésben, 20° -ra a Naptól.

Vénusz: A hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti látóhatár fölött. A hó elején egy órával, végén háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége -3^m9 ; fázisa 0.8-ról 0.9-re növekszik.

Mars: Három órával kel a Nap előtt. A hajnali égen látható a Nyilas, majd a Bak csillagképben. Fényessége 0^m3 , átmérője $8''$, mindkettő növekszik.

Jupiter: Az éjszaka nagy részében megfigyelhető a Rák csillagképben. Kora hajnalban nyugszik. Fényessége -2^m2 , átmérője $40''$.

Szaturnusz: Az éjszaka első felében látható a Bika csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Hajnalban kelnek, helyzetük megfigyelésre nem kedvező.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – május

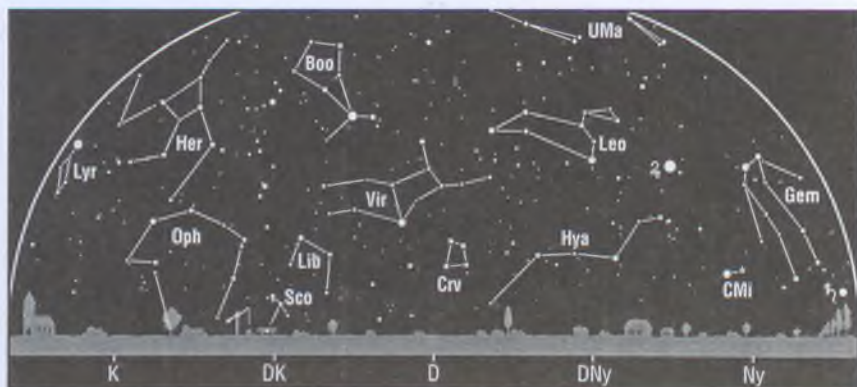
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold				
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	h_d °	E_l m	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	fázis	h m
18. hét										
1. cs 121.	4*28	11*41	18*55	57.4	+2.8	4*37	11*41	18*58	●	13*15
2. p 122.	4*27	11*41	18*56	57.7	+2.9	4*56	12*24	20*05	●	
3. sz 123.	4*25	11*41	18*58	58.0	+3.0	5*20	13*09	21*11	●	
4. v 124.	4*23	11*41	18*59	58.3	+3.1	5*48	13*57	22*16	●	
19. hét										
5. h 125.	4*22	11*41	19*01	58.6	+3.2	6*25	14*48	23*15	●	
6. k 126.	4*20	11*41	19*02	58.9	+3.3	7*11	15*40	—	●	
7. sz 127.	4*19	11*41	19*03	59.1	+3.4	8*08	16*33	0*08	●	
8. cs 128.	4*17	11*41	19*05	59.4	+3.5	9*13	17*26	0*51	●	
9. p 129.	4*16	11*40	19*06	59.7	+3.5	10*26	18*18	1*27	●	12*53
10. sz 130.	4*14	11*40	19*07	59.9	+3.6	11*42	19*09	1*55	●	
11. v 131.	4*13	11*40	19*09	60.2	+3.6	13*00	19*58	2*20	●	
20. hét										
12. h 132.	4*12	11*40	19*10	60.5	+3.6	14*20	20*48	2*41	○	
13. k 133.	4*10	11*40	19*11	60.7	+3.7	15*42	21*39	3*01	○	
14. sz 134.	4*09	11*40	19*12	61.0	+3.7	17*06	22*32	3*22	○	
15. cs 135.	4*08	11*40	19*14	61.2	+3.7	18*33	23*29	3*45	○	
16. p 136.	4*07	11*40	19*15	61.4	+3.7	20*01	—	4*13	○	4*36
17. sz 137.	4*05	11*40	19*16	61.7	+3.6	21*25	0*29	4*48	○	
18. v 138.	4*04	11*40	19*17	61.9	+3.6	22*38	1*32	5*34	○	
21. hét										
19. h 139.	4*03	11*40	19*19	62.1	+3.6	23*36	2*35	6*32	○	
20. k 140.	4*02	11*40	19*20	62.3	+3.5	—	3*37	7*40	○	
21. sz 141.	4*01	11*41	19*21	62.6	+3.5	0*20	4*34	8*54	○	
22. cs 142.	4*00	11*41	19*22	62.8	+3.4	0*53	5*26	10*08	○	
23. p 143.	3*59	11*41	19*23	62.9	+3.4	1*18	6*14	11*20	○	1*31
24. sz 144.	3*58	11*41	19*25	63.1	+3.3	1*38	6*58	12*28	○	
25. v 145.	3*57	11*41	19*26	63.3	+3.2	1*55	7*39	13*34	○	
22. hét										
26. h 146.	3*56	11*41	19*27	63.5	+3.1	2*11	8*19	14*39	●	
27. k 147.	3*55	11*41	19*28	63.7	+3.0	2*27	8*59	15*44	●	
28. sz 148.	3*54	11*41	19*29	63.9	+2.9	2*44	9*40	16*49	●	
29. cs 149.	3*53	11*41	19*30	64.0	+2.7	3*02	10*22	17*55	●	
30. p 150.	3*53	11*41	19*31	64.2	+2.6	3*24	11*06	19*02	●	
31. sz 151.	3*52	11*42	19*32	64.3	+2.5	3*51	11*54	20*08	●	5*20

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

május

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2452761	14 34 03	A munka ünnepe; Fülöp, Jakab, <i>Amarilla, Zsaklin</i>
2.	2452762	14 38 00	Zsigmond, <i>Atanáz</i>
3.	2452763	14 41 56	Tímea, Irma
4.	2452764	14 45 53	Mónika, Flórián, <i>Szilvánusz</i>
5.	2452765	14 49 49	Györgyi, <i>Gothárd, György, Piusz, Toszka</i>
6.	2452766	14 53 46	Ivett, Frida, <i>Friderika, János, Judit</i>
7.	2452767	14 57 42	Gizella
8.	2452768	15 01 39	Mihály, <i>Gizella, Győző, Stella</i>
9.	2452769	15 05 36	Gergely, <i>Beáta, Édua, Gergő, Gerő, Katinka</i>
10.	2452770	15 09 32	Ármin, Pálma
11.	2452771	15 13 29	Ferenc, <i>Adolf, Mirandola</i>
12.	2452772	15 17 25	Pongrác
13.	2452773	15 21 22	Szervác, Imola, <i>Imelda, Róbert</i>
14.	2452774	15 25 18	Bonifác, <i>Bónis, Gyöngyi</i>
15.	2452775	15 29 15	Zsófia, Szonja, <i>Izsák</i>
16.	2452776	15 33 11	Mózes, Botond, <i>Szimónia, Ubul</i>
17.	2452777	15 37 08	Paszkál
18.	2452778	15 41 05	Erik, Alexandra, <i>Erika, Hanga, Pálma</i>
19.	2452779	15 45 01	Ivó, Milán, <i>Ivonn</i>
20.	2452780	15 48 58	Bernát, Felícia, <i>Balabán</i>
21.	2452781	15 52 54	Konstantin, <i>Andor, András, Andrea, Endre, Tibád</i>
22.	2452782	15 56 51	Júlia, Rita, <i>Ugron</i>
23.	2452783	16 00 47	Dezső, <i>Dézi</i>
24.	2452784	16 04 44	Eszter, Eliza, <i>Hanna, Mária, Marietta</i>
25.	2452785	16 08 40	Orbán, <i>Gergely, Gergő, Gerő</i>
26.	2452786	16 12 37	Fülöp, Evelin, <i>Amanda, Tarján</i>
27.	2452787	16 16 34	Hella, <i>Gyula</i>
28.	2452788	16 20 30	Emil, Csanád, <i>Ágoston</i>
29.	2452789	16 24 27	Magdolna, <i>Manda</i>
30.	2452790	16 28 23	Janka, Zsanett, <i>Ferdinánd, Hanna, Nándor</i>
31.	2452791	16 32 20	Angéla, Petronella



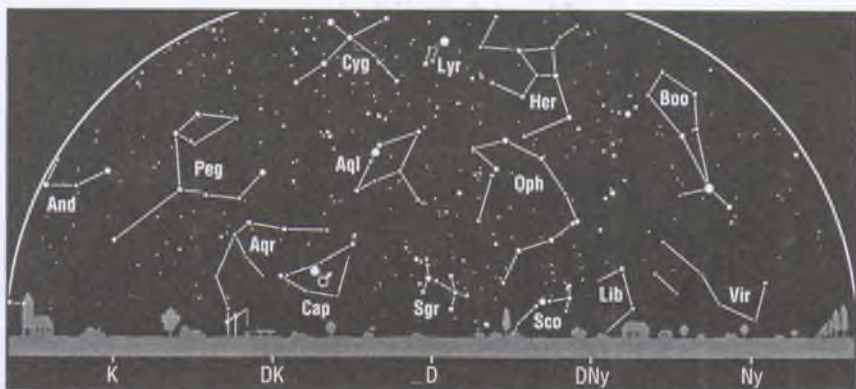
Az esti égbolt

Hold 2-től 16-ig, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser. **Nyílthalmazok:** M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). **Gáz-ködök:** M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). **Galaxisok:** M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Órvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 13^h* Újhold.
2. 07^h* A Merkúr 2^o5'-kal északra a Holdtól.
3. 12^h* A Juno szembenállásban.
5. 10^h* A Szaturnusz 3^o2'-kal délre a Holdtól.
7. 08^h* A Merkúr alsó együttállásban, átvonulás a Nap előtt, hazánkból is látható.
8. 19^h* A Jupiter 4^o1'-kal délre a Holdtól.
9. 13^h* Első negyed.
13. 15^h* A Mars 2^o0'-kal délre a Neptunustól.
16. 05^h* Telehold, teljes holdfogyatkozás, hazánkból a kezdete látható.
21. 13^h* A Neptunusz 5^o1'-kal északra a Holdtól.
21. 21^h* A Mars 2^o9'-kal északra a Holdtól.
23. 01^h* Az Uránusz 4^o5'-kal északra a Holdtól.
23. 02^h* Utolsó negyed.
28. 01^h* A Merkúr 2^o2'-kal délre a Vénusztól.
29. 03^h* A Merkúr 2^o3'-kal délre a Holdtól.
29. 05^h* A Vénusz 0^o2'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
31. 05^h* Újhold, gyűrűs napfogyatkozás, hazánkból részleges fogyatkozásként látható.



A hajnali égbolt

Hold 16-tól 30-ig, Merkúr 20-tól, Vénusz szürkületben, Mars, Uránusz, Neptunusz. Éta Aquaridák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: 7-én alsó együttállásban van a Nappal. Ekkor a bolygó a Földről nézve átvonul a Nap előtt. A hónap második felében megkísérelhető észlelése a hajnali szürkületben a keleti látóhatár közelében.

Vénusz: A hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti látóhatár fölött. Háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége -3^m9 ; fázisa 0.9 körüli, növekvő.

Mars: Éjfél után kel. A hajnali égen látható a Bak csillagképben. A hó elején három, a végén négy órával kel a Nap előtt. Fényessége -0^m3 , átmérője $11''$, mindkettő gyorsan növekszik.

Jupiter: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Rák csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége -2^m0 , átmérője $36''$.

Szaturnusz: Az esti órákban látható a Bika, majd az Orion csillagképben. Késő este nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Éjfél után kelnek. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható a hajnali égen.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – június

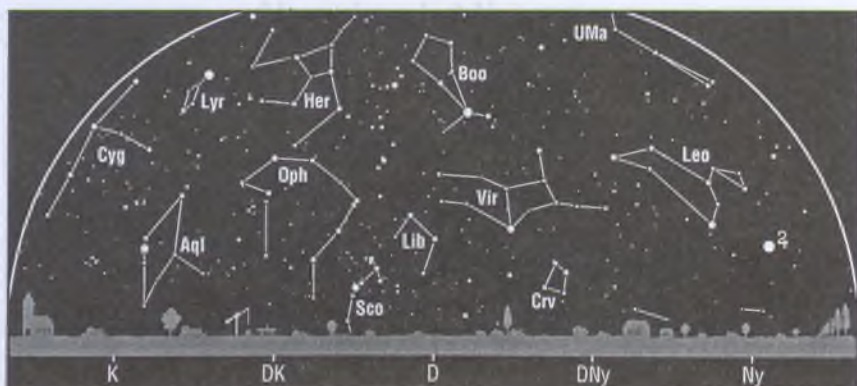
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m					kel, delel, nyugszik h m h m h m			
22. hét									
1. v 152.	3*51 11*42 19*33	64.5	+2.3	4*25 12*44 21*10	●				
23. hét									
2. h 153.	3*51 11*42 19*34	64.6	+2.2	5*08 13*36 22*05	●				
3. k 154.	3*50 11*42 19*35	64.7	+2.0	6*02 14*29 22*51	●				
4. sz 155.	3*49 11*42 19*35	64.9	+1.8	7*05 15*22 23*29	●				
5. cs 156.	3*49 11*42 19*36	65.0	+1.7	8*15 16*14 23*59	●				
6. p 157.	3*48 11*43 19*37	65.1	+1.5	9*29 17*04 —	●				
7. sz 158.	3*48 11*43 19*38	65.2	+1.3	10*44 17*53 0*24	●	21*28			
8. v 159.	3*48 11*43 19*39	65.3	+1.1	12*01 18*41 0*45	●				
24. hét									
9. h 160.	3*47 11*43 19*39	65.4	+0.9	13*19 19*29 1*05	○				
10. k 161.	3*47 11*43 19*40	65.4	+0.7	14*39 20*19 1*25	○				
11. sz 162.	3*47 11*44 19*41	65.5	+0.6	16*02 21*12 1*46	○				
12. cs 163.	3*47 11*44 19*41	65.6	+0.3	17*28 22*09 2*10	○				
13. p 164.	3*46 11*44 19*42	65.7	+0.1	18*54 23*11 2*41	○				
14. sz 165.	3*46 11*44 19*42	65.7	-0.1	20*14 — 3*21	○	12*16			
15. v 166.	3*46 11*44 19*43	65.8	-0.3	21*21 0*14 4*13	○				
25. hét									
16. h 167.	3*46 11*45 19*43	65.8	-0.5	22*12 1*18 5*17	○				
17. k 168.	3*46 11*45 19*44	65.9	-0.7	22*51 2*19 6*31	○				
18. sz 169.	3*46 11*45 19*44	65.9	-0.9	23*20 3*15 7*47	○				
19. cs 170.	3*46 11*45 19*44	65.9	-1.1	23*42 4*06 9*02	○				
20. p 171.	3*46 11*45 19*45	65.9	-1.3	— 4*53 10*14	○				
21. sz 172.	3*47 11*46 19*45	65.9	-1.6	0*01 5*36 11*22	○	15*45			
22. v 173.	3*47 11*46 19*45	65.9	-1.8	0*18 6*17 12*28	○				
26. hét									
23. h 174.	3*47 11*46 19*45	65.9	-2.0	0*34 6*57 13*33	●				
24. k 175.	3*47 11*46 19*45	65.9	-2.2	0*50 7*37 14*38	●				
25. sz 176.	3*48 11*47 19*45	65.9	-2.4	1*07 8*19 15*44	●				
26. cs 177.	3*48 11*47 19*45	65.9	-2.6	1*28 9*03 16*51	●				
27. p 178.	3*48 11*47 19*45	65.8	-2.9	1*53 9*49 17*57	●				
28. sz 179.	3*49 11*47 19*45	65.8	-3.1	2*25 10*39 19*01	●				
29. v 180.	3*49 11*47 19*45	65.8	-3.3	3*05 11*31 20*00	●	19*39			
27. hét									
30. h 181.	3*50 11*48 19*45	65.7	-3.5	3*56 12*24 20*50	●				

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

június

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 792	16 36 16	Tünde, <i>Jusztin</i>
2.	2 452 793	16 40 13	Kármén, Anita, <i>Anna, Anikó, Annamária, Péter</i>
3.	2 452 794	16 44 09	Klotild, <i>Károly, Tóbiás</i>
4.	2 452 795	16 48 06	Bulcsú, <i>Fatime, Ferenc, Kerény</i>
5.	2 452 796	16 52 03	Fatime, <i>Bonifác, Bónis</i>
6.	2 452 797	16 55 59	Norbert, Cintia, <i>Déla, Izolda, Norberta</i>
7.	2 452 798	16 59 56	Róbert, <i>Fülöp, Grácia</i>
8.	2 452 799	17 03 52	Pünkösöd ; <i>Medárd, Medárda</i>
9.	2 452 800	17 07 49	Pünkösöd ; Félix, <i>Annabella, Diána, Előd, Felicián</i>
10.	2 452 801	17 11 45	Margit, Gréta, <i>Diána, Margaréta, Ond</i>
11.	2 452 802	17 15 42	Barnabás, <i>Barabás</i>
12.	2 452 803	17 19 38	Villó, <i>János</i>
13.	2 452 804	17 23 35	Antal, Anett, <i>Anna, Anikó, Anita, Antónia</i>
14.	2 452 805	17 27 32	Vazul
15.	2 452 806	17 31 28	Jolán, Vid, <i>Izolda, Mária, Marietta</i>
16.	2 452 807	17 35 25	Jusztin, <i>Jusztina, Őzike</i>
17.	2 452 808	17 39 21	Laura, Alida, <i>Adolf, Alina, Alinda, Töhötöm</i>
18.	2 452 809	17 43 18	Arnold, Levente, <i>Doloróza</i>
19.	2 452 810	17 47 14	Gyárfás, <i>Bolivár, Zóra</i>
20.	2 452 811	17 51 11	Rafael, <i>Flóra</i>
21.	2 452 812	17 55 07	Alajos, Leila, <i>Aladár, Alóma, Lujza</i>
22.	2 452 813	17 59 04	Paulina, <i>Tamás, Tullia</i>
23.	2 452 814	18 03 01	Zoltán, <i>Szidónia</i>
24.	2 452 815	18 06 57	Iván, <i>János, Józsa</i>
25.	2 452 816	18 10 54	Vilmos, <i>Ajándék, Vilma, Viola</i>
26.	2 452 817	18 14 50	János, Pál, <i>Cirill</i>
27.	2 452 818	18 18 47	László
28.	2 452 819	18 22 43	Levente, Irén, <i>Iréneusz, Irina</i>
29.	2 452 820	18 26 40	Péter, Pál
30.	2 452 821	18 30 36	Pál



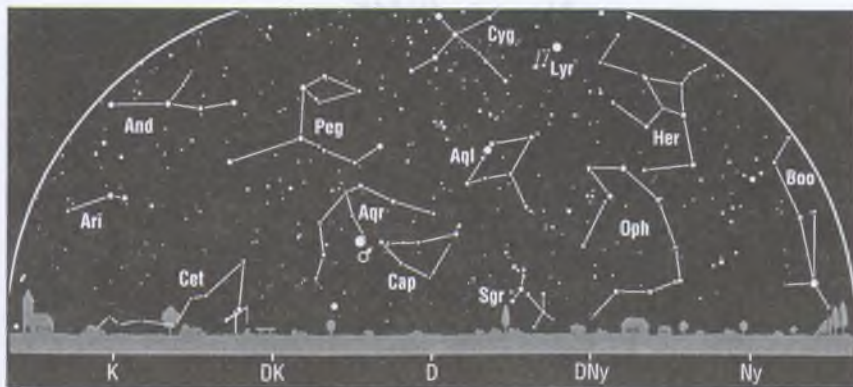
Az esti égbolt

Hold 1-jétől 14-ig és 30-án, Jupiter.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg. *Nyúlthalmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). *Gázködök:* M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombbrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 22^h* A Szaturnusz 3^o5'-kal délre a Holdtól.
3. 07^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (24^o).
5. 07^h* A Jupiter 4^o2'-kal délre a Holdtól.
7. 21^h* Első negyed.
9. 22^h* A Plútó szembenállásban.
14. 12^h* Telehold.
17. 22^h* A Neptunusz 5^o0'-kal északra a Holdtól.
18. 20^h* A Vénusz 4^o7'-kal északra az Aldebarantól.
19. 07^h* A Mars 1^o5'-kal északra a Holdtól.
19. 09^h* Az Uránusz 4^o4'-kal északra a Holdtól.
19. 13^h* A Merkúr 4^o0'-kal északra az Aldebarantól.
21. 00^h* A Mars 3^o1'-kal délre az Uránusztól.
21. 03^h* A Merkúr 0^o4'-kal délre a Vénusztól.
21. 16^h* Utolsó negyed.
21. 20^h* 10^m Nyári napforduló.
24. 15^h* A Szaturnusz együttállásban a Nappal.
28. 13^h* A Vénusz 2^o4'-kal délre a Holdtól.
29. 03^h* A Merkúr 2^o2'-kal délre a Holdtól.
29. 11^h* A Szaturnusz 3^o7'-kal délre a Holdtól.
29. 20^h* Újhold.



A hajnali égbolt

Hold 14-től 28-ig, Merkúr 20-ig, Vénusz szürkületben, Mars, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: A hajnali szürkületben kereshető meg a keleti látóhatár fölött. 3-án van legnagyobb nyugati kitérésben, 24° -ra a Naptól. A hónap utolsó hetében láthatósága gyorsan romlik.

Vénusz: A hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti látóhatár fölött. Egy órával kel a Nap előtt. Fényessége -3^m9 ; fázisa 0.95 körüli, növekvő.

Mars: Éjfél előtt kel. Az éjszaka második felében látható a Bak, majd a Vízöntő csillagképben. Fényessége -1^m0 , átmérője $14''$, mindkettő gyorsan növekszik.

Jupiter: Az esti órákban figyelhető meg az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Fényessége -1^m9 , átmérője $34''$.

Szaturnusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 24-én kerül együttállásba a Nappal.

Uránusz, Neptunusz: Késő éjjel kelnek, és az éjszaka második felében figyelhetők meg. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – július

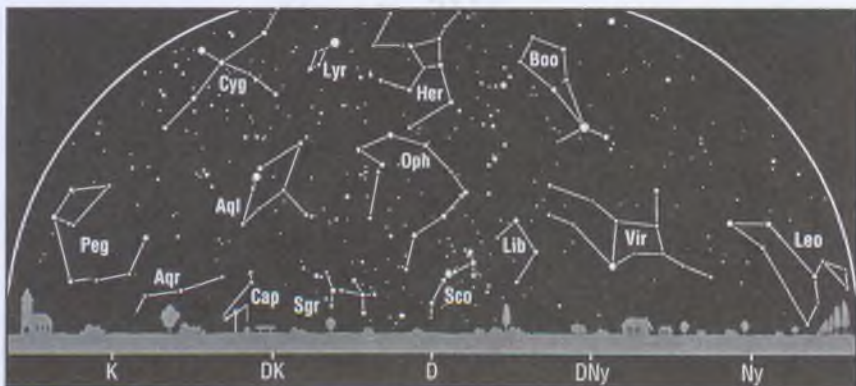
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m					kel, delel, nyugszik h m h m h m			
27. hét									
1. k 182.	3*50 11*48 19*45	65.6	−3.7	4*57 13*18 21*30	●				
2. sz 183.	3*51 11*48 19*45	65.6	−3.9	6*06 14*11 22*03	●				
3. cs 184.	3*52 11*48 19*44	65.5	−4.1	7*19 15*02 22*29	●				
4. p 185.	3*52 11*48 19*44	65.4	−4.2	8*34 15*51 22*51	●				
5. sz 186.	3*53 11*49 19*44	65.3	−4.4	9*50 16*38 23*11	●				
6. v 187.	3*54 11*49 19*43	65.3	−4.6	11*06 17*25 23*30	●				
28. hét									
7. h 188.	3*55 11*49 19*43	65.1	−4.8	12*24 18*13 23*50	●	3*32			
8. k 189.	3*55 11*49 19*42	65.0	−4.9	13*43 19*04 —	●				
9. sz 190.	3*56 11*49 19*42	64.9	−5.1	15*05 19*57 0*12	●				
10. cs 191.	3*57 11*49 19*41	64.8	−5.2	16*29 20*55 0*39	○				
11. p 192.	3*58 11*49 19*41	64.7	−5.4	17*50 21*56 1*13	○				
12. sz 193.	3*59 11*50 19*40	64.6	−5.5	19*02 22*59 1*58	○				
13. v 194.	4*00 11*50 19*39	64.4	−5.6	20*00 — 2*56	○	20*21			
29. hét									
14. h 195.	4*01 11*50 19*38	64.3	−5.8	20*45 0*01 4*06	○				
15. k 196.	4*02 11*50 19*38	64.1	−5.9	21*18 1*00 5*23	○				
16. sz 197.	4*03 11*50 19*37	63.9	−6.0	21*44 1*55 6*40	○				
17. cs 198.	4*04 11*50 19*36	63.8	−6.1	22*04 2*44 7*55	○				
18. p 199.	4*05 11*50 19*35	63.6	−6.1	22*22 3*29 9*06	○				
19. sz 200.	4*06 11*50 19*34	63.4	−6.2	22*38 4*12 10*14	○				
20. v 201.	4*07 11*50 19*33	63.3	−6.3	22*55 4*53 11*20	○				
30. hét									
21. h 202.	4*08 11*50 19*32	63.1	−6.3	23*12 5*34 12*26	●	8*01			
22. k 203.	4*09 11*50 19*31	62.9	−6.4	23*31 6*15 13*32	●				
23. sz 204.	4*10 11*50 19*30	62.7	−6.4	23*54 6*58 14*38	●				
24. cs 205.	4*11 11*50 19*29	62.5	−6.5	— 7*43 15*45	●				
25. p 206.	4*13 11*51 19*28	62.3	−6.5	0*23 8*31 16*50	●				
26. sz 207.	4*14 11*51 19*27	62.1	−6.5	1*00 9*23 17*51	●				
27. v 208.	4*15 11*51 19*25	61.9	−6.5	1*47 10*16 18*44	●				
31. hét									
28. h 209.	4*16 11*51 19*24	61.6	−6.5	2*45 11*11 19*28	●				
29. k 210.	4*17 11*50 19*23	61.4	−6.5	3*52 12*05 20*04	●	7*53			
30. sz 211.	4*19 11*50 19*22	61.1	−6.5	5*06 12*57 20*32	●				
31. cs 212.	4*20 11*50 19*20	60.9	−6.4	6*22 13*47 20*56	●				

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

július

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 822	18 34 33	Tihamér, Annamária, Áron, Tibold
2.	2 452 823	18 38 30	Ottó, Ottokár
3.	2 452 824	18 42 26	Kornél, Soma, Anatol, Jácint, Napsugár
4.	2 452 825	18 46 23	Ulrik, Aliz, Babett, Berta, Elza, Erzsébet, Szabella
5.	2 452 826	18 50 19	Emese, Sarolta, Antal
6.	2 452 827	18 54 16	Csaba, Mária, Marietta, Matild, Tilda
7.	2 452 828	18 58 12	Apollónia, Cirill, Polla
8.	2 452 829	19 02 09	Ellák, Aliz, Edgár, Elza, Erzsébet, Kilián, Teréz
9.	2 452 830	19 06 05	Lukrécia, Hajna, Marina, Vera
10.	2 452 831	19 10 02	Amália, Alma
11.	2 452 832	19 13 59	Nóra, Lili, Benedek, Piusz
12.	2 452 833	19 17 55	Izabella, Dalma, János
13.	2 452 834	19 21 52	Jenő, Henrik, Petronella, Sára
14.	2 452 835	19 25 48	Örs, Stella, Kamill
15.	2 452 836	19 29 45	Henrik, Roland, Egon, Jolán
16.	2 452 837	19 33 41	Valter, Kármén
17.	2 452 838	19 37 38	Endre, Elek, András, Andrea, Benedek, Sarolta
18.	2 452 839	19 41 34	Frigyes, Hedvig, Kamill
19.	2 452 840	19 45 31	Emília, Elza, Stella, Vince
20.	2 452 841	19 49 28	Illés, Éliás, Jeromos, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 452 842	19 53 24	Dániel, Daniella, Árvácska, Lőrinc
22.	2 452 843	19 57 21	Magdolna, Manda, Mária, Marietta
23.	2 452 844	20 01 17	Lenke, Apollónia, Brigitta, Polla
24.	2 452 845	20 05 14	Kinga, Kincső, Borisz, Csenge, Krisztina
25.	2 452 846	20 09 10	Kristóf, Jakab, Elza, Valentin, Valentina
26.	2 452 847	20 13 07	Anna, Anikó, Anett, Anita, Annamária
27.	2 452 848	20 17 03	Olga, Liliána, Lilla
28.	2 452 849	20 21 00	Szabolcs, Győző, Ince, Szeréna, Viktor
29.	2 452 850	20 24 57	Márta, Flóra, Beatrix, Virág
30.	2 452 851	20 28 53	Judit, Xénia, Péter
31.	2 452 852	20 32 50	Oszkár, Ignác



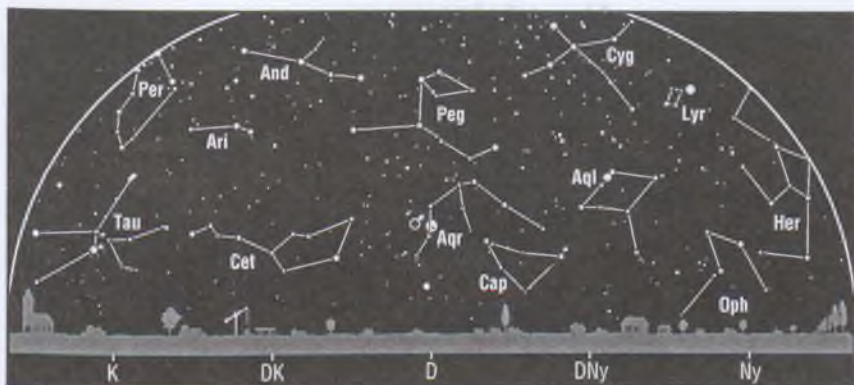
Az esti égbolt

Hold 13-ig és 30-tól, Merkúr 15-től, Jupiter szürkületben.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr). *Gázködök:* M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 02^h* A Merkúr 1°5'-kal északra a Szaturnusztól.
2. 22^h* A Jupiter 4°3'-kal délre a Holdtól.
4. 07^h* A Föld naptávolban.
5. 11^h* A Merkúr felső együttállásban.
7. 04^h* Első negyed.
8. 09^h* A Vénusz 0°8'-kal északra a Szaturnusztól.
10. 07^h* A Merkúr 5°0'-kal délre a Polluxtól.
13. 20^h* Telehold.
15. 06^h* A Neptunusz 4°9'-kal északra a Holdtól.
16. 17^h* Az Uránusz 4°3'-kal északra a Holdtól.
17. 09^h* A Mars 0°3'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
21. 08^h* Utolsó negyed.
26. 02^h* A Merkúr 0°3'-kal északra a Jupitertől.
27. 01^h* A Szaturnusz 4°0'-kal délre a Holdtól.
28. 20^h* A Vénusz 3°6'-kal délre a Holdtól.
29. 08^h* Újhold.
30. 12^h* A Merkúr 0°2'-kal északra a Regulustól.
30. 14^h* A Jupiter 4°2'-kal délre a Holdtól.
31. 02^h* A Merkúr 4°5'-kal délre a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 13-tól 28-ig, Vénusz szürkületben, Mars, Szaturnusz szürkületben, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: 5-én felső együttállásban van a Nappal. A hónap második felében kereshető meg az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött.

Vénusz: A hónap első felében még megkereshető a hajnali szürkületben a keleti látóhatár fölött. A hó elején egy órával, végén fél órával kel a Nap előtt. Fényessége -3^m9 ; fázisa 1.0-hez közeli, növekvő.

Mars: Késő este kel. Az éjszaka nagy részében látható a Vízöntő csillagképben. Fényessége -1^m8 , átmérője $19''$, mindkettő gyorsan növekszik.

Jupiter: Napnyugta után még megkereshető a nyugati látóhatár közelében, láthatósága gyorsan romlik. A hó elején még két órával, a végén már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége -1^m8 , átmérője $32''$.

Szaturnusz: A hónap második felében már megkereshető a hajnali szürkületben a keleti égbolton. Láthatósága gyorsan javul, a hónap végén két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Késő este kelnek, és az éjszaka nagy részében megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár — augusztus

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik	h m	h m	h m		kel, delel, nyugszik	h m	h m	
31. hét									
1. p 213.	4*21 11*50 19*19	60.7	−6.4	7*39 14*36 21*17	●				
2. sz 214.	4*22 11*50 19*17	60.4	−6.3	8*56 15*23 21*36	●				
3. v 215.	4*24 11*50 19*16	60.2	−6.2	10*14 16*11 21*55	●				
32. hét									
4. h 216.	4*25 11*50 19*15	59.9	−6.2	11*32 17*00 22*16	●				
5. k 217.	4*26 11*50 19*13	59.6	−6.1	12*52 17*52 22*41	●				8*28
6. sz 218.	4*27 11*50 19*12	59.4	−6.0	14*14 18*47 23*11	●				
7. cs 219.	4*29 11*50 19*10	59.1	−5.9	15*34 19*45 23*51	●				
8. p 220.	4*30 11*50 19*09	58.8	−5.7	16*48 20*46 —	○				
9. sz 221.	4*31 11*50 19*07	58.5	−5.6	17*50 21*48 0*43	○				
10. v 222.	4*33 11*49 19*05	58.2	−5.5	18*39 22*47 1*47	○				
33. hét									
11. h 223.	4*34 11*49 19*04	57.9	−5.3	19*16 23*43 3*01	○				
12. k 224.	4*35 11*49 19*02	57.7	−5.2	19*44 — 4*18	○				5*48
13. sz 225.	4*37 11*49 19*00	57.3	−5.0	20*07 0*34 5*34	○				
14. cs 226.	4*38 11*49 18*59	57.1	−4.8	20*26 1*21 6*47	○				
15. p 227.	4*39 11*49 18*57	56.7	−4.6	20*42 2*05 7*57	○				
16. sz 228.	4*41 11*48 18*55	56.4	−4.4	20*59 2*47 9*05	○				
17. v 229.	4*42 11*48 18*54	56.1	−4.2	21*15 3*28 10*12	○				
34. hét									
18. h 230.	4*43 11*48 18*52	55.8	−4.0	21*34 4*10 11*18	○				
19. k 231.	4*45 11*48 18*50	55.5	−3.8	21*55 4*52 12*24	○				
20. sz 232.	4*46 11*47 18*48	55.2	−3.6	22*21 5*36 13*31	○				1*48
21. cs 233.	4*47 11*47 18*46	54.8	−3.3	22*54 6*23 14*37	○				
22. p 234.	4*49 11*47 18*45	54.5	−3.1	23*37 7*13 15*39	○				
23. sz 235.	4*50 11*47 18*43	54.2	−2.8	— 8*05 16*36	○				
24. v 236.	4*51 11*46 18*41	53.8	−2.6	0*30 8*59 17*23	○				
35. hét									
25. h 237.	4*53 11*46 18*39	53.5	−2.3	1*34 9*54 18*02	●				
26. k 238.	4*54 11*46 18*37	53.1	−2.0	2*46 10*47 18*33	●				
27. sz 239.	4*55 11*46 18*35	52.8	−1.8	4*03 11*39 18*59	●				18*26
28. cs 240.	4*57 11*45 18*33	52.4	−1.5	5*22 12*29 19*21	●				
29. p 241.	4*58 11*45 18*31	52.1	−1.2	6*41 13*18 19*40	●				
30. sz 242.	4*59 11*45 18*29	51.7	−0.9	8*00 14*07 20*00	●				
31. v 243.	5*01 11*44 18*27	51.4	−0.6	9*20 14*57 20*20	●				

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

augusztus

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 853	20 36 46	Boglárka, Péter, Szonja
2.	2 452 854	20 40 43	Lehel, Alfonz, Gusztáv, Özséb
3.	2 452 855	20 44 39	Hermína, István, Kamélia, Lídia
4.	2 452 856	20 48 36	Domonkos, Dominika, Domokos
5.	2 452 857	20 52 32	Krisztina, Afrodité, Izolda, Kriszta, Oszvald
6.	2 452 858	20 56 29	Berta, Bettina, Ulrika
7.	2 452 859	21 00 26	Ibolya, Afrodité
8.	2 452 860	21 04 22	László, Domokos, Domonkos
9.	2 452 861	21 08 19	Emőd, János, Roland
10.	2 452 862	21 12 15	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla
11.	2 452 863	21 16 12	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Tibor
12.	2 452 864	21 20 08	Klára
13.	2 452 865	21 24 05	Ipoly, Ince, Vitália
14.	2 452 866	21 28 01	Marcell, Özséb
15.	2 452 867	21 31 58	Mária, Marietta, Napóleon
16.	2 452 868	21 35 55	Ábrahám, Cseke, Mária, Marietta, Rókus, Szeréna
17.	2 452 869	21 39 51	Jácint, Anasztáz, Arika, Hetény, Réka
18.	2 452 870	21 43 48	Ilona, Helén, Ila, Rajnald
19.	2 452 871	21 47 44	Huba, Bernát, Lajos, Marián
20.	2 452 872	21 51 41	Szent István ünnepe ; István, Stefánia, Vajk
21.	2 452 873	21 55 37	Sámuel, Hajna, Franciska, Grácia, Samu
22.	2 452 874	21 59 34	Menyhért, Mirjam, Mária, Marietta
23.	2 452 875	22 03 30	Bence, Farkas, Fülöp, Róza, Rozália, Rózsa
24.	2 452 876	22 07 27	Bertalan, Aliz, Detre, Elza, Erzsébet
25.	2 452 877	22 11 24	Lajos, Patrícia
26.	2 452 878	22 15 20	Izsó, Natália, Natása
27.	2 452 879	22 19 17	Gáspár, Cézár, Gibárt, József, Mónika
28.	2 452 880	22 23 13	Ágoston, Hermész
29.	2 452 881	22 27 10	Beatrix, Erna, János
30.	2 452 882	22 31 06	Róza, Letícia, Pázmán, Rozália, Rózsa
31.	2 452 883	22 35 03	Erika, Bella, Erik, Nimród, Rajmund, Ramónia



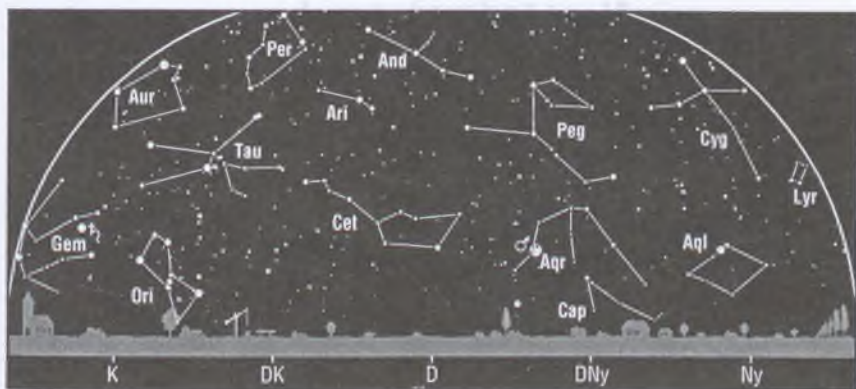
Az esti égbolt

Hold 12-ig és 28-tól, Merkúr 15-ig, Mars késő este, Uránusz és Neptunusz késő este. Perseidák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. **Nyílt-halmazok:** M11 (Sct). **Gömbhalmazok:** M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr), M15 (Peg), M2 (Aqr). **Gázködök:** M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

4. 15^h* A Neptunusz szembenállásban.
5. 08^h* Első negyed.
11. 14^h* A Neptunusz 4^o8'-kal északra a Holdtól.
12. 06^h* Telehold.
13. 01^h* Az Uránusz 4^o2'-kal északra a Holdtól.
13. 18^h* A Mars 1^o8'-kal délre a Holdtól.
14. 22^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (27^o).
18. 19^h* A Vénusz felső együttállásban.
20. 02^h* Utolsó negyed.
21. 11^h* A Vénusz 0^o5'-kal északra a Jupitertől.
22. 10^h* A Vénusz 0^o9'-kal északra a Regulustól.
22. 11^h* A Jupiter együttállásban a Nappal.
23. 15^h* A Szaturnusz 4^o3'-kal délre a Holdtól.
24. 11^h* Az Uránusz szembenállásban.
26. 20^h* A Jupiter 0^o4'-kal északra a Regulustól.
27. 11^h* A Mars földközeli.
27. 11^h* A Jupiter 4^o1'-kal délre a Holdtól.
27. 18^h* Újhold.
27. 22^h* A Vénusz 3^o5'-kal délre a Holdtól.
28. 19^h* A Mars szembenállásban.



A hajnali égbolt

Hold 12-től 26-ig, Mars, Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz kora hajnalban.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében kereshető meg az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött. 14-én van legnagyobb keleti kitérésben, 27"-ra a Naptól.

Vénusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 18-án kerül felső együttállásba a Nappal.

Mars: Napnyugta után kel. Csaknem egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben. 27-én van földközeli, és 28-án kerül szembenállásba a Nappal. Ez lesz az elmúlt és eljövendő évtizedek legkedvezőbb – a Földtől mért legkisebb távolságban bekövetkező – oppozíciója. A bolygó fényessége -2^m8 , átmérője 24'', mindkettő növekszik.

Jupiter: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 22-én kerül együttállásba a Nappal.

Szaturnusz: Éjfél után kel, és a hajnali égbolton figyelhető meg az Ikrek csillagképben. Fényessége 0^m1 , átmérője 17''.

Uránusz, Neptunusz: Egész éjszaka megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható. A Neptunusz 4-én, az Uránusz 24-én kerül szembenállásba a Nappal.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – szeptember

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik			kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m			h m	h m	h m	
36. hét									
1. h 244.	5*02	11*44	18*25	51.0	-0.3	10*41	15*48	20*44	☉
2. k 245.	5*03	11*44	18*24	50.6	+0.0	12*03	16*42	21*12	☉
3. sz 246.	5*05	11*44	18*22	50.3	+0.4	13*24	17*40	21*49	☉ 13*34
4. cs 247.	5*06	11*43	18*20	49.9	+0.7	14*40	18*39	22*36	☉
5. p 248.	5*07	11*43	18*18	49.5	+1.0	15*45	19*40	23*36	☉
6. sz 249.	5*09	11*43	18*16	49.2	+1.4	16*37	20*39	—	☉
7. v 250.	5*10	11*42	18*14	48.8	+1.7	17*17	21*35	0*45	☉
37. hét									
8. h 251.	5*11	11*42	18*12	48.4	+2.0	17*47	22*27	2*00	☉
9. k 252.	5*13	11*41	18*10	48.0	+2.4	18*10	23*15	3*16	☉
10. sz 253.	5*14	11*41	18*07	47.7	+2.7	18*30	—	4*30	☉ 17*36
11. cs 254.	5*15	11*41	18*05	47.3	+3.1	18*47	0*00	5*41	☉
12. p 255.	5*17	11*40	18*03	46.9	+3.4	19*03	0*42	6*50	☉
13. sz 256.	5*18	11*40	18*01	46.5	+3.8	19*20	1*24	7*57	☉
14. v 257.	5*19	11*40	17*59	46.1	+4.1	19*37	2*05	9*04	☉
38. hét									
15. h 258.	5*21	11*39	17*57	45.8	+4.5	19*57	2*47	10*11	☉
16. k 259.	5*22	11*39	17*55	45.4	+4.8	20*20	3*30	11*18	☉
17. sz 260.	5*23	11*39	17*53	45.0	+5.2	20*50	4*16	12*24	☉
18. cs 261.	5*25	11*38	17*51	44.6	+5.6	21*28	5*04	13*28	☉ 20*03
19. p 262.	5*26	11*38	17*49	44.2	+5.9	22*16	5*55	14*26	☉
20. sz 263.	5*27	11*38	17*47	43.8	+6.3	23*15	6*48	15*17	☉
21. v 264.	5*29	11*37	17*45	43.5	+6.6	—	7*41	15*59	☉
39. hét									
22. h 265.	5*30	11*37	17*43	43.1	+7.0	0*23	8*34	16*32	☉
23. k 266.	5*31	11*37	17*41	42.7	+7.3	1*38	9*27	17*00	☉
24. sz 267.	5*33	11*36	17*39	42.3	+7.7	2*56	10*18	17*23	☉
25. cs 268.	5*34	11*36	17*37	41.9	+8.0	4*16	11*08	17*43	☉
26. p 269.	5*35	11*35	17*35	41.5	+8.4	5*36	11*57	18*03	☉ 4*09
27. sz 270.	5*37	11*35	17*33	41.1	+8.7	6*58	12*48	18*23	☉
28. v 271.	5*38	11*35	17*31	40.7	+9.1	8*22	13*40	18*46	☉
40. hét									
29. h 272.	5*39	11*34	17*29	40.4	+9.4	9*47	14*35	19*13	☉
30. k 273.	5*41	11*34	17*27	40.0	+9.7	11*11	15*33	19*47	☉

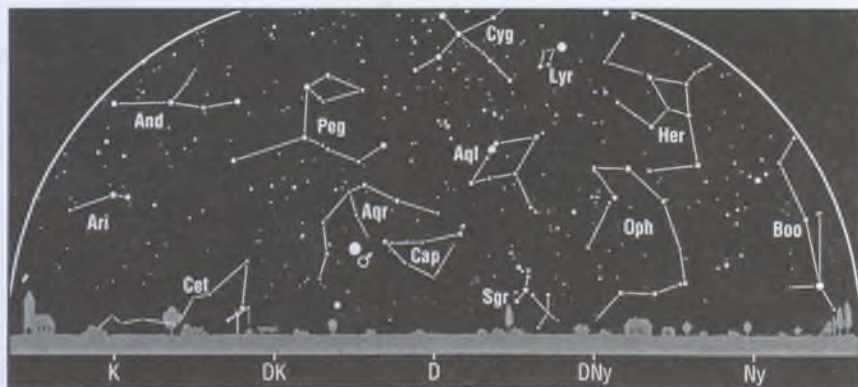
* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

szeptember

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 884	22 38 59	Egyed, Egon, <i>Gedeon, Igor, Tamara</i>
2.	2 452 885	22 42 56	Rebeka, Dorina, <i>Dóra, Dorottya, Ingrid, István</i>
3.	2 452 886	22 46 53	Hilda, <i>Dóra, Dorina, Dorottya, Gergely, Gergő</i>
4.	2 452 887	22 50 49	Rozália, <i>Ida, Róza, Rózsa</i>
5.	2 452 888	22 54 46	Viktor, Lőrinc, <i>Alpár</i>
6.	2 452 889	22 58 42	Zakariás, <i>Beáta, Ida</i>
7.	2 452 890	23 02 39	Regina
8.	2 452 891	23 06 35	Mária, Adrienn, <i>Adorján, Adrián, Marietta</i>
9.	2 452 892	23 10 32	Ádám, <i>Péter</i>
10.	2 452 893	23 14 28	Nikolett, Hunor, <i>Edgár, Erik, Erika, Miklós</i>
11.	2 452 894	23 18 25	Teodóra, <i>Jácint</i>
12.	2 452 895	23 22 22	Mária, <i>Gujdó, Irma, Marietta</i>
13.	2 452 896	23 26 18	Kornél, <i>Amáta, Ludovika, Virginia</i>
14.	2 452 897	23 30 15	Szeréna, Roxána, <i>Irma</i>
15.	2 452 898	23 34 11	Enikő, Melitta, <i>Dolóresz, Doloróza, Roland</i>
16.	2 452 899	23 38 08	Edit, <i>Ciprián, Edda, Eugénia, Kornél, Soma</i>
17.	2 452 900	23 42 04	Zsófia, <i>Ludmilla, Róbert, Upor</i>
18.	2 452 901	23 46 01	Diána, <i>József</i>
19.	2 452 902	23 49 57	Vilhelmina, <i>Konstantina, Szabolcs, Vilma</i>
20.	2 452 903	23 53 54	Friderika, <i>Frida</i>
21.	2 452 904	23 57 51	Máté, <i>Mirella, Maura</i>
22.	2 452 905	0 01 47	Móric, <i>Írisz, Tamás</i>
23.	2 452 906	0 05 44	Tekla, <i>Helén, Ila, Ilona</i>
24.	2 452 907	0 09 40	Gellért, <i>Mercédesz, Gerda</i>
25.	2 452 908	0 13 37	Eufrozina, Kende, <i>Fruzsina, Kleofás</i>
26.	2 452 909	0 17 33	Jusztina, <i>Kozima, Kozma</i>
27.	2 452 910	0 21 30	Adalbert, <i>Adolf, Demeter, Karola, Kozma, Vince</i>
28.	2 452 911	0 25 26	Vencel
29.	2 452 912	0 29 23	Mihály, <i>Gábor, Gábel, Rafael</i>
30.	2 452 913	0 33 20	Jeromos, <i>Honória, Hunor, Őrs</i>

14. A bizánci naptár 7512. évének kezdete.

26. A zsidó naptár 5764. évének kezdete napnyugtakor.



Az esti égbolt

Hold 10-ig és 27-től, Mars, Uránusz, Neptunusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, θ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* h és χ Per, M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M13 (Her), M92 (Her), M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

3. 14^h* Első negyed.
7. 20^h* A Neptunusz 4^o9'-kal északra a Holdtól.
8. 05^h* A Merkúr 5^o4'-kal délre a Vénusztól.
9. 07^h* Az Uránusz 4^o2'-kal északra a Holdtól.
9. 14^h* A Mars 1^o2'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkban nem látható).
10. 18^h* Telehold.
11. 03^h* A Merkúr alsó együttállásban.
18. 20^h* Utolsó negyed.
20. 04^h* A Szaturnusz 4^o7'-kal délre a Holdtól.
23. 11^h*47^m Őszi napéjegyenlőség.
24. 05^h* A Jupiter 4^o1'-kal délre a Holdtól.
24. 18^h* A Merkúr 4^o2'-kal délre a Holdtól.
26. 04^h* Újhold.
26. 22^h* A Vénusz 2^o1'-kal délre a Holdtól.
27. 01^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (18^o).



A hajnali égbolt

Hold 10-től 25-ig, Merkúr 20-tól, Jupiter, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: 11-én alsó együttállásban van a Nappal. Ezután láthatósága gyorsan javul. A hónap második felében már jól látható reggel a keleti látóhatár fölött. Ekkor helyzete megfigyelésre igen kedvező. 27-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 18° -ra a Naptól.

Vénusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Mars: Csaknem egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben. A hajnali órákban nyugszik. Fényessége -2^m5 , átmérője $23''$, mindkettő csökken.

Jupiter: A hó elején még csak háromnegyed órával, a végén már két és fél órával kel a Nap előtt. A hajnali égen kereshető meg a keleti látóhatár közelében, láthatósága gyorsan javul. Fényessége -1^m7 , átmérője $31''$.

Szaturnusz: Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége 0^m1 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka nagy részében megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár. A hajnali órákban nyugszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – október

KÖZEI*

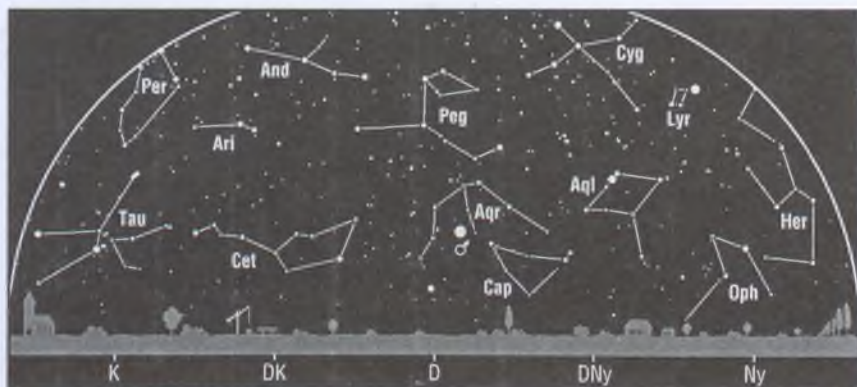
dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
40. hét									
1. sz 274.	5*42	11*34	17*25	39.6	+10.1	12*31	16*33	20*32	☉ 20*09
2. cs 275.	5*44	11*33	17*23	39.2	+10.4	13*41	17*35	21*28	☉
3. p 276.	5*45	11*33	17*21	38.8	+10.7	14*37	18*34	22*35	☉
4. sz 277.	5*46	11*33	17*19	38.4	+11.0	15*20	19*31	23*49	☉
5. v 278.	5*48	11*33	17*17	38.0	+11.3	15*52	20*23	—	☉
41. hét									
6. h 279.	5*49	11*32	17*15	37.6	+11.6	16*16	21*12	1*04	☉
7. k 280.	5*50	11*32	17*13	37.3	+11.9	16*36	21*57	2*17	☉
8. sz 281.	5*52	11*32	17*11	36.9	+12.2	16*54	22*39	3*28	☉
9. cs 282.	5*53	11*31	17*09	36.5	+12.5	17*10	23*21	4*37	☉
10. p 283.	5*55	11*31	17*07	36.1	+12.8	17*25	—	5*45	☉ 8*27
11. sz 284.	5*56	11*31	17*05	35.7	+13.0	17*42	0*01	6*51	☉
12. v 285.	5*58	11*31	17*03	35.3	+13.3	18*00	0*43	7*58	☉
42. hét									
13. h 286.	5*59	11*30	17*01	35.0	+13.5	18*22	1*26	9*05	☉
14. k 287.	6*00	11*30	16*59	34.6	+13.8	18*49	2*11	10*12	☉
15. sz 288.	6*02	11*30	16*57	34.2	+14.0	19*24	2*58	11*17	☉
16. cs 289.	6*03	11*30	16*55	33.9	+14.3	20*07	3*47	12*18	☉
17. p 290.	6*05	11*29	16*53	33.5	+14.5	21*01	4*39	13*11	☉
18. sz 291.	6*06	11*29	16*52	33.1	+14.7	22*04	5*31	13*55	☉ 13*31
19. v 292.	6*08	11*29	16*50	32.8	+14.9	23*14	6*23	14*31	☉
43. hét									
20. h 293.	6*09	11*29	16*48	32.4	+15.1	—	7*15	15*00	☉
21. k 294.	6*11	11*29	16*46	32.0	+15.2	0*29	8*05	15*24	☉
22. sz 295.	6*12	11*29	16*44	31.7	+15.4	1*47	8*54	15*45	☉
23. cs 296.	6*13	11*28	16*43	31.3	+15.5	3*06	9*43	16*05	☉
24. p 297.	6*15	11*28	16*41	31.0	+15.7	4*27	10*33	16*24	☉
25. sz 298.	6*16	11*28	16*39	30.6	+15.8	5*51	11*25	16*46	☉ 13*50
26. v 299.	6 18	11 28	16 37	30.3	+15.9	7 18	12 20	17 11	☉
44. hét									
27. h 300.	6 19	11 28	16 36	29.9	+16.0	8 46	13 19	17 42	☉
28. k 301.	6 21	11 28	16 34	29.6	+16.1	10 12	14 21	18 24	☉
29. sz 302.	6 22	11 28	16 32	29.3	+16.2	11 29	15 24	19 17	☉
30. cs 303.	6 24	11 28	16 31	28.9	+16.3	12 33	16 27	20 23	☉
31. p 304.	6 25	11 28	16 29	28.6	+16.3	13 21	17 26	21 37	☉

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

október

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 914	0 37 16	Malvin, <i>Teréz</i>
2.	2 452 915	0 41 13	Petra, <i>Örs</i>
3.	2 452 916	0 45 09	Helga, <i>Teréz</i>
4.	2 452 917	0 49 06	Ferenc, <i>Edvin, Fanni, Zóra</i>
5.	2 452 918	0 53 02	Aurél
6.	2 452 919	0 56 59	Brúnó, Renáta, <i>Renátó</i>
7.	2 452 920	1 00 55	Amália
8.	2 452 921	1 04 52	Koppány, <i>Bettina, Etel, Etelka, Mária, Marietta</i>
9.	2 452 922	1 08 49	Dénes, <i>Andor, András, Andrea, Endre</i>
10.	2 452 923	1 12 45	Gedeon, <i>Ferenc, Samu, Sámuel</i>
11.	2 452 924	1 16 42	Brigitta, <i>Hont</i>
12.	2 452 925	1 20 38	Miksa, <i>Edvin, Milda, Rezső, Szeráf, Szerafina</i>
13.	2 452 926	1 24 35	Kálmán, Ede, <i>Edvárd</i>
14.	2 452 927	1 28 31	Helén, <i>Beatrix, Celeszta, Ila, Ilona</i>
15.	2 452 928	1 32 28	Teréz, <i>Auróra, Telma</i>
16.	2 452 929	1 36 24	Gál, <i>Hedvig, Margaréta, Margit</i>
17.	2 452 930	1 40 21	Hedvig, <i>Ignác, Margaréta, Margit</i>
18.	2 452 931	1 44 18	Lukács
19.	2 452 932	1 48 14	Nándor, <i>Frida, Friderika, Izsák, Pál, Péter</i>
20.	2 452 933	1 52 11	Vendel, <i>Cintia, Délia, Irén, Irina, Vitális</i>
21.	2 452 934	1 56 07	Orsolya, <i>Celina, Zsolt</i>
22.	2 452 935	2 00 04	Előd, <i>Kordélia, Korinna</i>
23.	2 452 936	2 04 00	Nemzeti ünnep; Gyöngyi, <i>Ignác</i>
24.	2 452 937	2 07 57	Salamon, <i>Mária, Marietta, Rafael</i>
25.	2 452 938	2 11 53	Blanka, <i>Blanka, Dália, Kadosa, Mór</i>
26.	2 452 939	2 15 50	Dömötör
27.	2 452 940	2 19 47	Szabina
28.	2 452 941	2 23 43	Simon, <i>Szimonetta</i>
29.	2 452 942	2 27 40	Nárcisz, <i>Melinda</i>
30.	2 452 943	2 31 36	Alfonz, <i>Kolos, Stefánia, Zenóbia</i>
31.	2 452 944	2 35 33	Farkas

26. A nyári időszámítás vége 3^hNYISZ-kor.



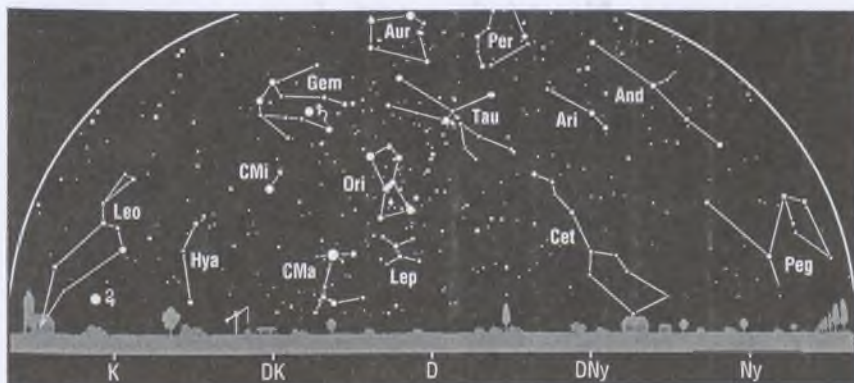
Az esti égbolt

Hold 10-ig és 26-tól, Vénusz szürkületben, Mars, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteororraj.

Kettőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, θ Ser, β Cyg, γ Del. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). **Gömbhalmazok:** M15 (Peg), M2 (Aqr). **Gázködök:** M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri).

Csillagászati események

- 2. 20^h* Első negyed.
- 3. 23^h* A Vénusz 2^o9-kal északra a Spicától.
- 5. 01^h* A Neptunusz 5^o1-kal északra a Holdtól.
- 6. 11^h* Az Uránusz 4^o3-kal északra a Holdtól.
- 6. 16^h* A Mars 1^o0-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 10. 08^h* Telehold.
- 13. 16^h* A Pallas szembenállásban.
- 17. 14^h* A Szaturnusz 4^o9-kal délre a Holdtól.
- 18. 14^h* Utolsó negyed.
- 20. 21^h* A Merkúr 3^o1-kal északra a Spicától.
- 22. 00^h* A Jupiter 3^o9-kal délre a Holdtól.
- 25. 11^h* A Merkúr felső együttállásban.
- 25. 14^h* Újhold.
- 26. 21^h* A Vénusz 0^o1-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).



A hajnali égbolt

Hold 10-től 24-ig, Merkúr 10-ig, Jupiter, Szaturnusz. Orionidák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében látható hajnalban a keleti látóhatár fölött. Az első héten helyzete megfigyelésre még igen kedvező. A hó közepétől láthatósága gyorsan romlik. 25-én már felső együttállásban van a Nappal.

Vénusz: Már megkereshető az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött. A hó elején fél órával, végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 ; fázisa 1.0-hez közeli, csökkenő.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Vízöntő csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége -1^m6 , átmérője $18''$, mindkettő gyorsan csökken.

Jupiter: Kora hajnalban kel. A hajnali égen látható az Oroszlán csillagképben. Fényessége -1^m8 , átmérője $32''$.

Szaturnusz: Késő este kel, az éjszaka második felében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége 0^m0 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhetők meg. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható. Éjfél körül nyugszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár — november

KÖZEI

dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
44. hét										
1. sz 305.	6 27	11 28	16 28	28.3	+16.4	13 56	18 20	22 53	☉	5 25
2. v 306.	6 28	11 28	16 26	28.0	+16.4	14 23	19 10	—	☉	
45. hét										
3. h 307.	6 30	11 28	16 25	27.7	+16.4	14 44	19 56	0 07	☉	
4. k 308.	6 31	11 28	16 23	27.3	+16.4	15 01	20 39	1 19	☉	
5. sz 309.	6 33	11 28	16 22	27.0	+16.4	15 17	21 20	2 28	☉	
6. cs 310.	6 34	11 28	16 20	26.7	+16.4	15 33	22 00	3 35	☉	
7. p 311.	6 36	11 28	16 19	26.4	+16.4	15 49	22 41	4 41	☉	
8. sz 312.	6 38	11 28	16 17	26.1	+16.3	16 06	23 23	5 48	☉	
9. v 313.	6 39	11 28	16 16	25.8	+16.2	16 27	—	6 55	☉	2 13
46. hét										
10. h 314.	6 41	11 28	16 15	25.6	+16.2	16 52	0 07	8 02	☉	
11. k 315.	6 42	11 28	16 13	25.3	+16.1	17 23	0 54	9 08	☉	
12. sz 316.	6 44	11 28	16 12	25.0	+16.0	18 03	1 43	10 10	☉	
13. cs 317.	6 45	11 28	16 11	24.7	+15.8	18 53	2 33	11 06	☉	
14. p 318.	6 46	11 28	16 10	24.4	+15.7	19 52	3 25	11 53	☉	
15. sz 319.	6 48	11 29	16 09	24.2	+15.6	20 59	4 17	12 31	☉	
16. v 320.	6 49	11 29	16 07	23.9	+15.4	22 10	5 07	13 02	☉	
47. hét										
17. h 321.	6 51	11 29	16 06	23.7	+15.2	23 24	5 56	13 27	☉	5 15
18. k 322.	6 52	11 29	16 05	23.4	+15.0	—	6 44	13 48	☉	
19. sz 323.	6 54	11 29	16 04	23.2	+14.8	0 40	7 32	14 07	☉	
20. cs 324.	6 55	11 30	16 03	23.0	+14.6	1 58	8 19	14 26	☉	
21. p 325.	6 57	11 30	16 02	22.7	+14.4	3 18	9 09	14 46	☉	
22. sz 326.	6 58	11 30	16 01	22.5	+14.1	4 42	10 01	15 08	☉	
23. v 327.	7 00	11 30	16 01	22.3	+13.8	6 09	10 58	15 36	☉	23 59
48. hét										
24. h 328.	7 01	11 31	16 00	22.1	+13.6	7 39	12 00	16 12	☉	
25. k 329.	7 02	11 31	15 59	21.9	+13.3	9 04	13 04	17 01	☉	
26. sz 330.	7 04	11 31	15 58	21.7	+13.0	10 17	14 10	18 04	☉	
27. cs 331.	7 05	11 31	15 58	21.5	+12.7	11 14	15 13	19 18	☉	
28. p 332.	7 06	11 32	15 57	21.3	+12.3	11 56	16 12	20 36	☉	
29. sz 333.	7 08	11 32	15 56	21.1	+12.0	12 26	17 05	21 54	☉	
30. v 334.	7 09	11 33	15 56	21.0	+11.7	12 50	17 53	23 08	☉	18 16

november

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 945	2 39 29	Mindenszentek; Marianna, Igor
2.	2 452 946	2 43 26	Achilles
3.	2 452 947	2 47 22	Győző, Ida, Ilka, Szilvia
4.	2 452 948	2 51 19	Károly, Karola
5.	2 452 949	2 55 16	Imre, Tétény
6.	2 452 950	2 59 12	Lénárd, Krisztina
7.	2 452 951	3 03 09	Rezső, Csenger
8.	2 452 952	3 07 05	Zsombor, Gotfrid, Kolos, Mihály
9.	2 452 953	3 11 02	Tivadar
10.	2 452 954	3 14 58	Réka, Andor, András, Andrea, Endre, Leona
11.	2 452 955	3 18 55	Márton
12.	2 452 956	3 22 51	Jónás, Renátó, Aba, Krisztián, Kunó, Márton
13.	2 452 957	3 26 48	Szilvia, Márton, Megyer, Szaniszló
14.	2 452 958	3 30 45	Aliz, Elza, Erzsébet, Huba, Jozefina, Józsa
15.	2 452 959	3 34 41	Albert, Lipót, Albertina, Artúr
16.	2 452 960	3 38 38	Ödön, Edmond
17.	2 452 961	3 42 34	Hortenzia, Gergő, Gergely, Gerő, Gertrúd
18.	2 452 962	3 46 31	Jenő, Ödön, Pál, Péter
19.	2 452 963	3 50 27	Erzsébet, Aliz
20.	2 452 964	3 54 24	Jolán, Bódog, Bulcsú, Félix, Zsolt
21.	2 452 965	3 58 20	Olivér
22.	2 452 966	4 02 17	Cecília
23.	2 452 967	4 06 14	Kelemen, Klementina, Kenese
24.	2 452 968	4 10 10	Emma, Flóra, János
25.	2 452 969	4 14 07	Katalin, Alán, Aliz, Erzsébet, Kitti
26.	2 452 970	4 18 03	Virág, Konrád, Milos, Szilveszter
27.	2 452 971	4 22 00	Virgil, Virgília
28.	2 452 972	4 25 56	Stefánia
29.	2 452 973	4 29 53	Taksony, Ilma
30.	2 452 974	4 33 49	András, Andor, Andrea, Endre, Tarján



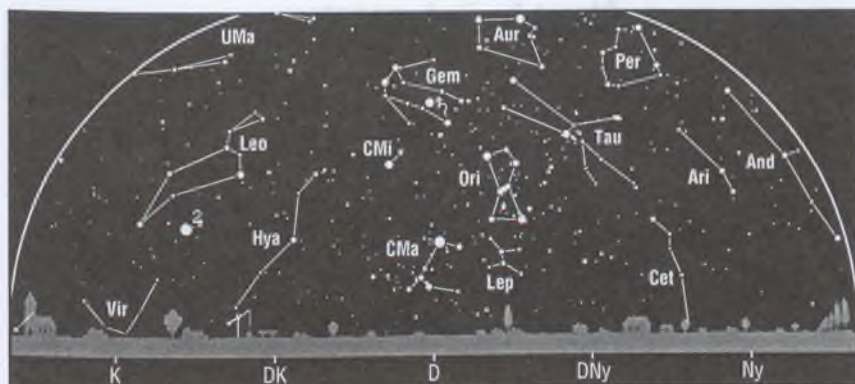
Az esti égbolt

Hold 9-ig és 24-től, Merkúr 20-tól, Vénusz, Mars, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, β Cyg, γ Del. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). **Gömbhalmazok:** M15 (Peg), M2 (Aqr). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet).

Csillagászati események

1. 05^h Első negyed.
1. 07^h A Neptunusz 5^h2'-kal északra a Holdtól.
2. 16^h Az Uránusz 4^h5'-kal északra a Holdtól.
3. 10^h A Mars 2^h8'-kal északra a Holdtól.
9. 02^h Telehold, teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható.
10. 08^h A Vénusz 3^h9'-kal északra az Antarestől.
13. 20^h A Szaturnusz 4^h9'-kal délre a Holdtól.
17. 05^h Utolsó negyed.
18. 17^h A Jupiter 3^h7'-kal délre a Holdtól.
18. 20^h A Merkúr 2^h7'-kal északra az Antarestől.
24. 00^h Újhold, teljes napfogyatkozás (hazánkból nem látható).
25. 04^h A Merkúr 0^h2'-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
25. 19^h A Vénusz 1^h9'-kal északra a Holdtól.
28. 15^h A Neptunusz 5^h1'-kal északra a Holdtól.
29. 23^h Az Uránusz 4^h5'-kal északra a Holdtól.
30. 18^h Első negyed.



A hajnali égbolt

Hold 9-től 22-ig, Jupiter, Szaturnusz. Leonidák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: A hónap második felében kereshető meg az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött.

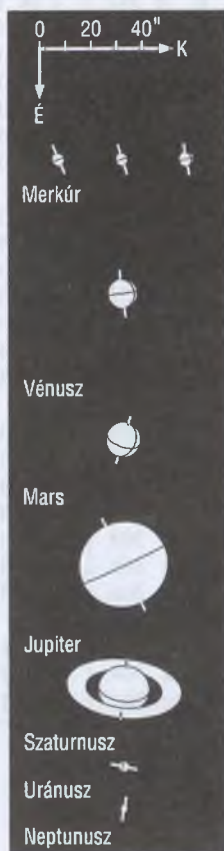
Vénusz: Egyre jobban látható az esti szürkületben a nyugati égbolton. A hó elején háromnegyed órával, végén másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -3^m9 ; fázisa 0.9 körüli, csökkenő.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Vízöntő csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége -0^m8 , átmérője $13''$, mindkettő gyorsan csökken.

Jupiter: Éjfél után kel. A hajnali égen látható az Oroszlán csillagképben. Fényessége -1^m9 , átmérője $35''$.

Szaturnusz: Az esti órákban kel, az éjszaka nagy részében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége -0^m2 , átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban figyelhetők meg. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár. Éjfél előtt nyugszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – december

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold				fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m				h m	h m	h m		
49. hét											
1. h 335.	7 10	11 33	15 55	20.8	+11.3		13 08	18 38	—	●	
2. k 336.	7 11	11 33	15 55	20.6	+10.9		13 25	19 19	0 18	●	
3. sz 337.	7 13	11 34	15 54	20.5	+10.5		13 40	20 00	1 26	●	
4. cs 338.	7 14	11 34	15 54	20.4	+10.1		13 56	20 40	2 33	●	
5. p 339.	7 15	11 34	15 54	20.2	+9.7		14 13	21 22	3 39	●	
6. sz 340.	7 16	11 35	15 53	20.1	+9.3		14 32	22 05	4 45	●	
7. v 341.	7 17	11 35	15 53	20.0	+8.9		14 55	22 51	5 52	●	
50. hét											
8. h 342.	7 18	11 36	15 53	19.9	+8.5		15 25	23 39	6 59	○	21 37
9. k 343.	7 19	11 36	15 53	19.8	+8.1		16 02	—	8 03	○	
10. sz 344.	7 20	11 37	15 53	19.6	+7.6		16 48	0 29	9 01	○	
11. cs 345.	7 21	11 37	15 53	19.6	+7.2		17 45	1 21	9 51	○	
12. p 346.	7 22	11 38	15 53	19.5	+6.7		18 50	2 13	10 32	○	
13. sz 347.	7 23	11 38	15 53	19.4	+6.2		19 59	3 03	11 05	○	
14. v 348.	7 24	11 38	15 53	19.3	+5.8		21 11	3 52	11 31	○	
51. hét											
15. h 349.	7 25	11 39	15 53	19.3	+5.3		22 24	4 40	11 53	●	
16. k 350.	7 25	11 39	15 53	19.2	+4.8		23 38	5 26	12 12	●	18 42
17. sz 351.	7 26	11 40	15 54	19.2	+4.3		—	6 12	12 30	●	
18. cs 352.	7 27	11 40	15 54	19.1	+3.8		0 54	6 58	12 48	●	
19. p 353.	7 27	11 41	15 54	19.1	+3.4		2 13	7 47	13 08	●	
20. sz 354.	7 28	11 41	15 55	19.1	+2.9		3 36	8 40	13 32	●	
21. v 355.	7 29	11 42	15 55	19.1	+2.4		5 02	9 37	14 03	●	
52. hét											
22. h 356.	7 29	11 42	15 56	19.1	+1.9		6 29	10 40	14 44	●	
23. k 357.	7 30	11 43	15 56	19.1	+1.4		7 50	11 46	15 40	●	10 43
24. sz 358.	7 30	11 43	15 57	19.1	+0.9		8 57	12 52	16 50	●	
25. cs 359.	7 30	11 44	15 57	19.1	+0.4		9 47	13 55	18 09	●	
26. p 360.	7 31	11 44	15 58	19.1	−0.1		10 24	14 53	19 31	●	
27. sz 361.	7 31	11 45	15 59	19.1	−0.6		10 51	15 45	20 49	●	
28. v 362.	7 31	11 45	15 59	19.2	−1.1		11 12	16 32	22 04	●	
53. hét											
29. h 363.	7 32	11 46	16 00	19.3	−1.6		11 30	17 16	23 14	●	
30. k 364.	7 32	11 46	16 01	19.3	−2.1		11 46	17 58	—	●	11 03
31. sz 365.	7 32	11 47	16 02	19.4	−2.6		12 02	18 38	0 22	●	

december

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 452 975	4 37 46	Elza, Aliz, <i>Bianka, Blanka, Erzsébet, Natália</i>
2.	2 452 976	4 41 43	Melinda, Vivien, <i>Aurélia, Bibánia, Vivánia</i>
3.	2 452 977	4 45 39	Ferenc, <i>Olívia, Atália, Xavér</i>
4.	2 452 978	4 49 36	Borbála, Barbara, <i>Bettina, Boriska, Boróka</i>
5.	2 452 979	4 53 32	Vilma, <i>Csaba, Sebő, Sebestyén</i>
6.	2 452 980	4 57 29	Miklós
7.	2 452 981	5 01 25	Ambrus, <i>Kenéz</i>
8.	2 452 982	5 05 22	Mária, <i>Emőke, Marietta</i>
9.	2 452 983	5 09 18	Natália, <i>György, Györgyi, Natása, Péter</i>
10.	2 452 984	5 13 15	Judit, <i>Loretta</i>
11.	2 452 985	5 17 12	Árpád, <i>Szabin</i>
12.	2 452 986	5 21 08	Gabriella, <i>Bulcsú, Otília</i>
13.	2 452 987	5 25 05	Luca, <i>Otília, Éda, Lúcia</i>
14.	2 452 988	5 29 01	Szilárda, <i>Bertold</i>
15.	2 452 989	5 32 58	Valér, <i>Detre</i>
16.	2 452 990	5 36 54	Etelka, Aletta, <i>Albina, Etel, Tihamér</i>
17.	2 452 991	5 40 51	Lázár, <i>Olimpia, Belizár</i>
18.	2 452 992	5 44 47	Augusztá, <i>Zajzon</i>
19.	2 452 993	5 48 44	Viola, <i>Orbán, Oros</i>
20.	2 452 994	5 52 40	Teofil, <i>Apor</i>
21.	2 452 995	5 56 37	Tamás, <i>Bodomér, Izidor, Péter</i>
22.	2 452 996	6 00 34	Zénó
23.	2 452 997	6 04 30	Viktória, <i>Niké</i>
24.	2 452 998	6 08 27	Ádám, Éva, <i>Ada, Adél, Iringó, Noé</i>
25.	2 452 999	6 12 23	Karácsony ; Eugénia, <i>Botond</i>
26.	2 453 000	6 16 20	Karácsony ; István, <i>Előd</i>
27.	2 453 001	6 20 16	János, <i>Fabióla, Teodor</i>
28.	2 453 002	6 24 13	Kamilla
29.	2 453 003	6 28 09	Tamás, Tamara, <i>Dávid</i>
30.	2 453 004	6 32 06	Dávid, <i>Hunor</i>
31.	2 453 005	6 36 03	Szilveszter, <i>Ajándék, Donáta, Márió, Melánia</i>



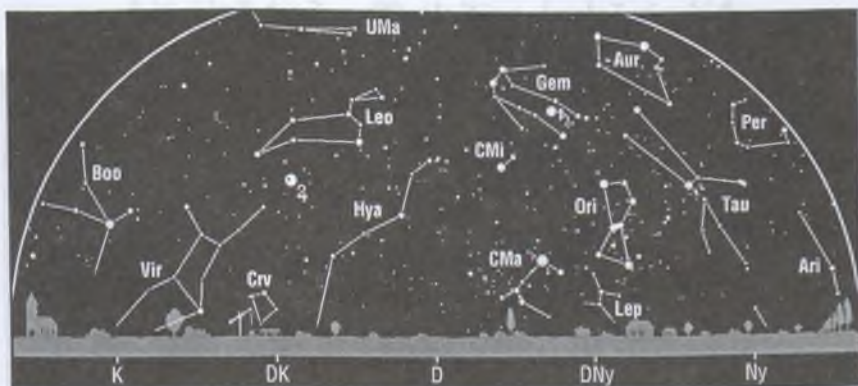
Az esti égbolt

Hold 8-ig és 24-től, Merkúr 20-ig, Vénusz, Mars, Szaturnusz késő este, Uránusz, Neptunusz. Geminidák meteororaj.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori. **Nylthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem). **Gömbthalmazok:** M15 (Peg), M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

- 1. 17^h A Mars 3^o6-kal északra a Holdtól.
- 8. 22^h Telehold.
- 9. 07^h A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (21^o).
- 10. 23^h A Szaturnusz 4^o7-kal délre a Holdtól.
- 12. 02^h A Ceres 1^o1-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 12. 06^h A Plútó együttállásban a Nappal.
- 16. 05^h A Jupiter 3^o4-kal délre a Holdtól.
- 16. 19^h Utolsó negyed.
- 22. 08^h 04^m Téli napforduló.
- 23. 11^h Újhold.
- 23. 22^h A Merkúr 5^o2-kal északra a Holdtól.
- 25. 17^h A Vénusz 3^o1-kal északra a Holdtól.
- 26. 02^h A Neptunusz 5^o0-kal északra a Holdtól.
- 27. 02^h A Merkúr alsó együttállásban.
- 27. 09^h Az Uránusz 4^o3-kal északra a Holdtól.
- 30. 08^h A Mars 3^o4-kal északra a Holdtól.
- 30. 08^h A Vénusz 1^o8-kal délre a Neptunusztól.
- 30. 11^h Első negyed.
- 31. 22^h A Szaturnusz szembenállásban.



A hajnali égbolt

Hold 8-tól 22-ig, Jupiter, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében kereshető meg az esti szürkületben a nyugati látóhatár fölött. 9-én van legnagyobb keleti kitérésben, 21° -ra a Naptól. Láthatósága a hó közepétől gyorsan romlik. 27-én már alsó együttállásban van a Nappal.

Vénusz: Este a nyugati égbolt feltűnő égitestje. A hó elején másfél órával, végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m0 ; fázisa 0.9-ről 0.8-re csökken.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Vízöntő, majd a Halak csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Fényessége -0^m1 ; átmérője $10''$, mindkettő csökken.

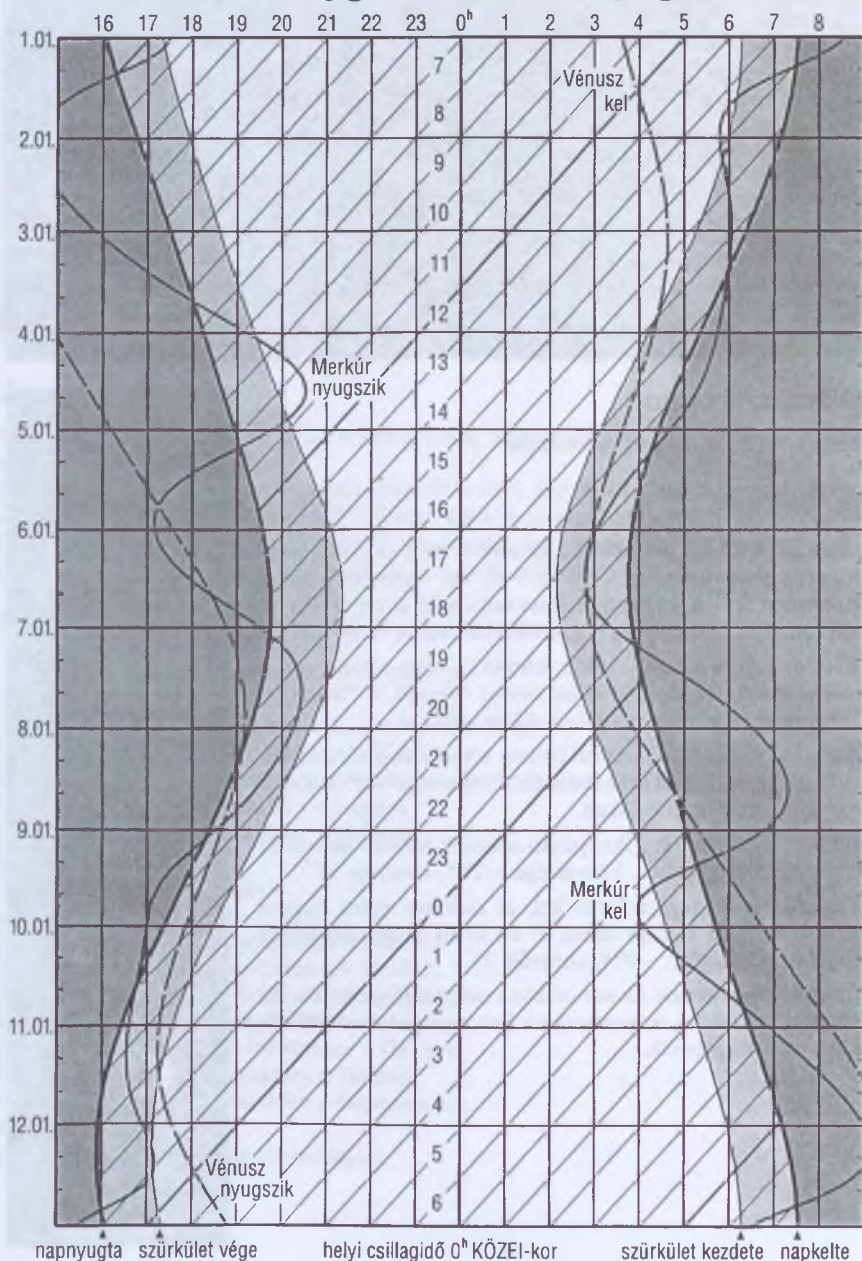
Jupiter: Éjfél előtt kel. Az éjszaka második felében látható az Oroszlán csillagképben. Fényessége -2^m1 , átmérője $38''$.

Szaturnusz: Napnyugta után kel, és csaknem egész éjszaka látható az Iker csillagképben. 31-én kerül szembenállásba a Nappal. Fényessége -0^m4 , átmérője $21''$.

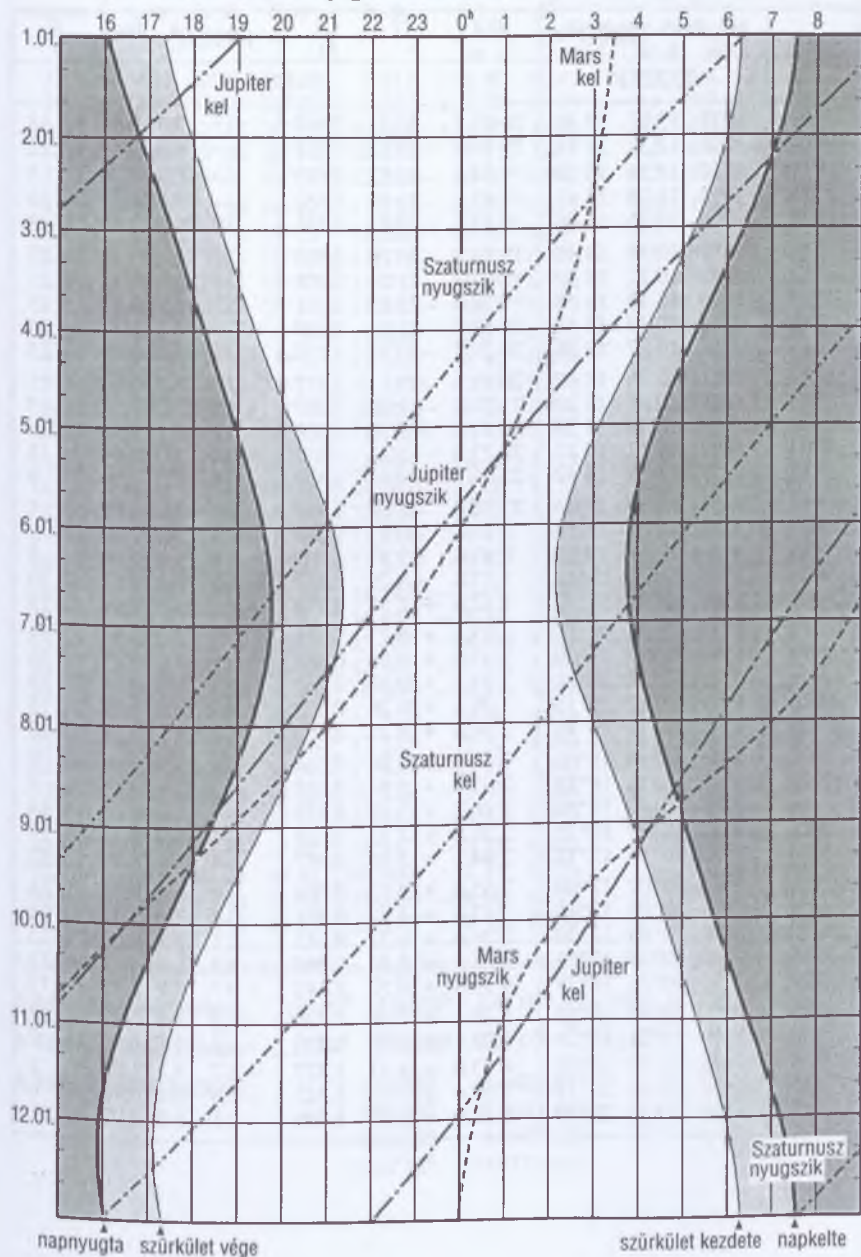
Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban még megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható. Késő este nyugszanak.



A belső bolygók kelése és nyugvása



A külső bolygók kelése és nyugvása



Merkúr

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° ' "	Δ AU	m	φ °	fázis	E %
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	8 37	13 03	17 30	20 01.3	-20 43	0.849	0.1	7.9	0.36	K 18
1.06.	8 04	12 37	17 10	19 56.9	-19 23	0.735	—	9.2	0.13	K 12
1.11.	7 19	11 54	16 28	19 34.4	-18 52	0.673	—	10.0	0.01	É 3
1.16.	6 35	11 08	15 41	19 07.8	-19 05	0.682	—	9.9	0.07	Ny 10
1.21.	6 05	10 36	15 06	18 53.5	-19 43	0.745	0.9	9.0	0.24	Ny 18
1.26.	5 51	10 18	14 46	18 54.9	-20 26	0.833	0.3	8.1	0.40	Ny 23
1.31.	5 48	10 12	14 37	19 07.8	-21 01	0.924	0.0	7.3	0.54	Ny 25
2.05.	5 50	10 13	14 37	19 28.0	-21 15	1.011	-0.1	6.7	0.64	Ny 25
2.10.	5 54	10 19	14 44	19 52.7	-21 04	1.089	-0.1	6.2	0.71	Ny 25
2.15.	5 58	10 27	14 56	20 20.3	-20 23	1.158	-0.1	5.8	0.77	Ny 23
2.20.	6 01	10 36	15 12	20 49.7	-19 11	1.217	-0.2	5.5	0.82	Ny 21
2.25.	6 03	10 47	15 33	21 20.2	-17 26	1.267	-0.3	5.3	0.86	Ny 19
3.02.	6 03	10 59	15 56	21 51.7	-15 10	1.308	-0.4	5.1	0.90	Ny 16
3.07.	6 02	11 12	16 22	22 23.9	-12 21	1.339	-0.6	5.0	0.93	Ny 13
3.12.	6 00	11 25	16 52	22 56.9	-9 01	1.359	-0.9	5.0	0.96	Ny 9
3.17.	5 57	11 39	17 23	23 30.8	-5 10	1.364	-1.4	4.9	0.99	Ny 5
3.22.	5 54	11 55	17 58	0 05.7	-0 51	1.349	-1.9	5.0	1.00	D 1
3.27.	5 50	12 11	18 35	0 41.6	+3 47	1.309	-1.7	5.1	0.98	K 5
4.01.	5*45	12*28	19*13	1 17.8	+8 29	1.237	-1.4	5.4	0.91	K 10
4.06.	5*40	12*42	19*47	1 52.6	+12 51	1.135	-1.1	5.9	0.77	K 15
4.11.	5*33	12*53	20*15	2 23.4	+16 27	1.011	-0.6	6.7	0.59	K 18
4.16.	5*24	12*57	20*30	2 47.5	+18 58	0.884	0.1	7.6	0.41	K 20
4.21.	5*13	12*52	20*31	3 03.1	+20 18	0.767	0.9	8.8	0.25	K 19
4.26.	4*59	12*37	20*15	3 09.4	+20 26	0.671	—	10.0	0.13	K 15
5.01.	4*42	12*14	19*46	3 06.8	+19 25	0.602	—	11.2	0.04	K 10
5.06.	4*23	11*46	19*06	2 58.0	+17 30	0.564	—	11.9	0.00	K 2
5.11.	4*05	11*16	18*25	2 47.6	+15 14	0.557	—	12.1	0.01	Ny 6
5.16.	3*47	10*49	17*50	2 40.2	+13 19	0.579	—	11.6	0.07	Ny 13
5.21.	3*31	10*29	17*25	2 38.8	+12 13	0.624	—	10.8	0.14	Ny 19
5.26.	3*18	10*15	17*12	2 44.1	+12 06	0.687	—	9.8	0.23	Ny 22
5.31.	3*06	10*07	17*09	2 55.8	+12 53	0.764	0.8	8.8	0.32	Ny 24
6.05.	2*57	10*05	17*15	3 13.4	+14 22	0.851	0.4	7.9	0.41	Ny 24
6.10.	2*50	10*09	17*30	3 36.6	+16 21	0.945	0.1	7.1	0.52	Ny 23
6.15.	2*48	10*19	17*51	4 05.3	+18 36	1.044	-0.3	6.4	0.63	Ny 21
6.20.	2*50	10*34	18*19	4 39.8	+20 52	1.142	-0.7	5.9	0.75	Ny 17
6.25.	3*00	10*55	18*52	5 20.1	+22 48	1.230	-1.2	5.5	0.87	Ny 12
6.30.	3*19	11*21	19*24	6 05.4	+24 01	1.295	-1.7	5.2	0.96	Ny 7
7.05.	3*46	11*49	19*52	6 53.0	+24 11	1.327	-2.2	5.1	1.00	É 1
7.10.	4*19	12*16	20*12	7 39.6	+23 12	1.325	-1.6	5.1	0.98	K 6
7.15.	4*54	12*39	20*23	8 22.9	+21 17	1.296	-1.1	5.2	0.92	K 11

dátum	kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
7.20.	5*27	12*58	20*27	9 01.6	+18 40	1.249	-0.7	5.4	0.85	K 16
7.25.	5*57	13*12	20*25	9 35.8	+15 39	1.190	-0.4	5.7	0.78	K 20
7.30.	6*23	13*22	20*19	10 06.0	+12 26	1.126	-0.1	6.0	0.72	K 23
8.04.	6*45	13*28	20*10	10 32.3	+9 11	1.057	0.0	6.4	0.65	K 25
8.09.	7*02	13*31	19*59	10 55.0	+6 02	0.987	0.2	6.8	0.59	K 27
8.14.	7*13	13*30	19*44	11 13.9	+3 07	0.914	0.3	7.4	0.52	K 27
8.19.	7*19	13*24	19*28	11 28.4	+0 36	0.841	0.5	8.0	0.44	K 27
8.24.	7*16	13*13	19*09	11 37.6	-1 19	0.770	0.8	8.7	0.34	K 25
8.29.	7*03	12*55	18*47	11 39.9	-2 18	0.706	1.3	9.5	0.23	K 21
9.03.	6*35	12*28	18*22	11 34.1	-2 01	0.656	—	10.3	0.12	K 15
9.08.	5*54	11*55	17*57	11 20.4	-0 13	0.633	—	10.6	0.03	K 7
9.13.	5*05	11*19	17*34	11 04.0	+2 42	0.654	—	10.3	0.01	Ny 5
9.18.	4*23	10*50	17*17	10 53.8	+5 29	0.726	—	9.3	0.11	Ny 12
9.23.	4*01	10*34	17*07	10 56.6	+6 52	0.842	0.3	8.0	0.31	Ny 17
9.28.	4*00	10*32	17*02	11 12.9	+6 22	0.982	-0.5	6.9	0.55	Ny 18
10.03.	4*16	10*38	16*59	11 38.7	+4 16	1.117	-0.9	6.0	0.75	Ny 16
10.08.	4*41	10*49	16*56	12 08.9	+1 08	1.231	-1.1	5.5	0.88	Ny 13
10.13.	5*08	11*01	16*52	12 40.6	-2 28	1.317	-1.2	5.1	0.95	Ny 9
10.18.	5*37	11*13	16*48	13 12.2	-6 11	1.377	-1.3	4.9	0.99	Ny 5
10.23.	6*05	11*25	16*43	13 43.5	-9 47	1.415	-1.4	4.8	1.00	É 2
10.28.	6 32	11 36	16 39	14 14.6	-13 09	1.435	-1.3	4.7	1.00	K 2
11.02.	6 58	11 47	16 35	14 45.5	-16 14	1.439	-1.0	4.7	0.99	K 5
11.07.	7 23	11 59	16 33	15 16.7	-18 58	1.428	-0.7	4.7	0.98	K 8
11.12.	7 47	12 10	16 33	15 48.1	-21 19	1.404	-0.6	4.8	0.96	K 10
11.17.	8 10	12 23	16 34	16 20.0	-23 13	1.366	-0.5	4.9	0.94	K 13
11.22.	8 31	12 35	16 39	16 52.0	-24 39	1.314	-0.5	5.1	0.90	K 15
11.27.	8 48	12 47	16 46	17 23.9	-25 32	1.246	-0.5	5.4	0.86	K 18
12.02.	9 01	12 58	16 55	17 54.7	-25 51	1.162	-0.5	5.8	0.79	K 20
12.07.	9 07	13 06	17 05	18 22.6	-25 35	1.061	-0.5	6.3	0.69	K 21
12.12.	9 04	13 07	17 11	18 44.5	-24 47	0.945	-0.3	7.1	0.53	K 21
12.17.	8 46	12 56	17 07	18 54.7	-23 35	0.823	0.3	8.2	0.33	K 18
12.22.	8 09	12 26	16 44	18 46.6	-22 14	0.721	—	9.3	0.11	K 11
12.27.	7 17	11 40	16 04	18 21.0	-21 02	0.675	—	10.0	0.00	É 2
1.01.	6 28	10 56	15 23	17 54.9	-20 18	0.704	—	9.6	0.10	Ny 12

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Merkúr napközben: 1.06.09^h 4.04.09^h 7.01.08^h 9.27.07^h 12.24.06^h

A Merkúr naptávolban: 2.19.09^h 5.18.08^h 8.14.07^h 11.10.07^h

A Merkúr földközben:

1.12.19 ^h	0.6682 AU
5.09.14 ^h	0.5560 AU
9.08.09 ^h	0.6329 AU
12.27.12 ^h	0.6750 AU

Vénusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	3 38	8 32	13 26	15 28.8	-15 15	0.597	-4.5	27.9	0.45	Ny 47
1.06.	3 43	8 32	13 20	15 48.2	-16 20	0.635	-4.5	26.3	0.47	Ny 47
1.11.	3 49	8 32	13 16	16 08.6	-17 23	0.673	-4.4	24.8	0.50	Ny 47
1.16.	3 55	8 34	13 12	16 29.9	-18 22	0.711	-4.4	23.5	0.53	Ny 47
1.21.	4 02	8 36	13 10	16 52.0	-19 15	0.749	-4.4	22.3	0.55	Ny 47
1.26.	4 09	8 40	13 10	17 14.8	-19 59	0.787	-4.3	21.2	0.57	Ny 46
1.31.	4 16	8 43	13 11	17 38.2	-20 33	0.825	-4.3	20.2	0.60	Ny 46
2.05.	4 22	8 47	13 13	18 02.1	-20 55	0.862	-4.3	19.4	0.62	Ny 45
2.10.	4 27	8 52	13 17	18 26.4	-21 05	0.899	-4.2	18.6	0.64	Ny 45
2.15.	4 32	8 57	13 22	18 51.0	-21 01	0.936	-4.2	17.8	0.66	Ny 44
2.20.	4 35	9 02	13 29	19 15.8	-20 43	0.972	-4.2	17.2	0.67	Ny 43
2.25.	4 37	9 07	13 37	19 40.6	-20 10	1.008	-4.1	16.6	0.69	Ny 42
3.02.	4 38	9 12	13 46	20 05.3	-19 24	1.044	-4.1	16.0	0.71	Ny 42
3.07.	4 38	9 17	13 57	20 29.9	-18 23	1.078	-4.1	15.5	0.72	Ny 41
3.12.	4 36	9 22	14 08	20 54.3	-17 10	1.113	-4.1	15.0	0.74	Ny 40
3.17.	4 34	9 26	14 19	21 18.4	-15 45	1.147	-4.0	14.6	0.76	Ny 39
3.22.	4 30	9 30	14 31	21 42.2	-14 08	1.180	-4.0	14.1	0.77	Ny 38
3.27.	4 25	9 34	14 43	22 05.7	-12 21	1.213	-4.0	13.8	0.79	Ny 37
4.01.	4*20	9*37	14*56	22 28.9	-10 26	1.244	-4.0	13.4	0.80	Ny 36
4.06.	4*14	9*41	15*08	22 51.9	-8 23	1.276	-4.0	13.1	0.81	Ny 35
4.11.	4*07	9*44	15*21	23 14.5	-6 14	1.306	-4.0	12.8	0.82	Ny 34
4.16.	4*00	9*46	15*34	23 37.0	-4 00	1.336	-3.9	12.5	0.84	Ny 32
4.21.	3*53	9*49	15*46	23 59.4	-1 43	1.365	-3.9	12.2	0.85	Ny 31
4.26.	3*45	9*52	15*59	0 21.7	+0 36	1.394	-3.9	12.0	0.86	Ny 30
5.01.	3*38	9*54	16*12	0 44.1	+2 56	1.421	-3.9	11.7	0.87	Ny 29
5.06.	3*30	9*57	16*25	1 06.5	+5 15	1.448	-3.9	11.5	0.88	Ny 28
5.11.	3*23	10*00	16*38	1 29.1	+7 32	1.473	-3.9	11.3	0.89	Ny 27
5.16.	3*16	10*03	16*51	1 51.9	+9 45	1.498	-3.9	11.1	0.90	Ny 25
5.21.	3*09	10*06	17*05	2 15.0	+11 53	1.522	-3.9	11.0	0.91	Ny 24
5.26.	3*03	10*10	17*18	2 38.5	+13 54	1.544	-3.9	10.8	0.92	Ny 23
5.31.	2*58	10*14	17*31	3 02.4	+15 47	1.566	-3.9	10.7	0.93	Ny 22
6.05.	2*54	10*19	17*45	3 26.7	+17 31	1.586	-3.9	10.5	0.94	Ny 20
6.10.	2*51	10*24	17*58	3 51.5	+19 04	1.605	-3.9	10.4	0.94	Ny 19
6.15.	2*49	10*30	18*11	4 16.7	+20 25	1.623	-3.9	10.3	0.95	Ny 18
6.20.	2*49	10*36	18*23	4 42.4	+21 32	1.639	-3.9	10.2	0.96	Ny 16
6.25.	2*51	10*42	18*34	5 08.5	+22 24	1.655	-3.9	10.1	0.97	Ny 15
6.30.	2*54	10*49	18*44	5 34.8	+23 01	1.669	-3.9	10.0	0.97	Ny 14
7.05.	2*59	10*56	18*53	6 01.4	+23 20	1.681	-3.9	9.9	0.98	Ny 12
7.10.	3*05	11*03	19*00	6 28.1	+23 23	1.692	-3.9	9.9	0.98	Ny 11
7.15.	3*14	11*10	19*05	6 54.8	+23 09	1.702	-3.9	9.8	0.99	Ny 10

dátum	kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	KÖZEI*	RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	fázis	E °
					0 ^h UT-kor						
7.20.	3*24	11*16	19*09		7 21.3	+22 38	1.710	-3.9	9.8	0.99	Ny 8
7.25.	3*35	11*23	19*10		7 47.7	+21 50	1.717	-3.9	9.7	0.99	Ny 7
7.30.	3*47	11*29	19*10		8 13.7	+20 46	1.723	-3.9	9.7	1.00	Ny 6
8.04.	4*01	11*35	19*09		8 39.3	+19 27	1.727	-3.9	9.7	1.00	Ny 4
8.09.	4*14	11*41	19*06		9 04.5	+17 54	1.729	-3.9	9.7	1.00	Ny 3
8.14.	4*28	11*46	19*02		9 29.3	+16 08	1.730	-3.9	9.6	1.00	É 2
8.19.	4*43	11*50	18*57		9 53.6	+14 12	1.730	-3.9	9.6	1.00	É 1
8.24.	4*57	11*54	18*51		10 17.5	+12 05	1.729	-3.9	9.7	1.00	K 2
8.29.	5*11	11*58	18*44		10 41.1	+9 51	1.726	-3.9	9.7	1.00	K 3
9.03.	5*25	12*02	18*37		11 04.3	+7 30	1.721	-3.9	9.7	1.00	K 4
9.08.	5*40	12*05	18*29		11 27.2	+5 03	1.716	-3.9	9.7	1.00	K 6
9.13.	5*54	12*08	18*21		11 50.0	+2 33	1.709	-3.9	9.8	0.99	K 7
9.18.	6*08	12*11	18*13		12 12.7	+0 01	1.701	-3.9	9.8	0.99	K 8
9.23.	6*22	12*14	18*05		12 35.4	-2 32	1.691	-3.9	9.9	0.99	K 10
9.28.	6*36	12*17	17*57		12 58.1	-5 04	1.681	-3.9	9.9	0.98	K 11
10.03.	6*51	12*20	17*49		13 21.1	-7 34	1.669	-3.9	10.0	0.98	K 12
10.08.	7*05	12*24	17*42		13 44.2	-9 59	1.657	-3.9	10.1	0.97	K 13
10.13.	7*20	12*28	17*35		14 07.8	-12 19	1.643	-3.9	10.2	0.97	K 15
10.18.	7*34	12*32	17*28		14 31.7	-14 32	1.629	-3.9	10.2	0.96	K 16
10.23.	7*49	12*37	17*23		14 56.1	-16 36	1.613	-3.9	10.3	0.96	K 17
10.28.	8 04	12 42	17 19		15 21.0	-18 29	1.596	-3.9	10.5	0.95	K 19
11.02.	8 18	12 48	17 16		15 46.4	-20 10	1.579	-3.9	10.6	0.94	K 20
11.07.	8 33	12 54	17 15		16 12.3	-21 37	1.561	-3.9	10.7	0.94	K 21
11.12.	8 46	13 00	17 15		16 38.6	-22 49	1.541	-3.9	10.8	0.93	K 22
11.17.	8 58	13 08	17 17		17 05.4	-23 45	1.521	-3.9	11.0	0.92	K 23
11.22.	9 09	13 15	17 21		17 32.5	-24 23	1.501	-3.9	11.1	0.91	K 25
11.27.	9 19	13 23	17 26		17 59.7	-24 42	1.479	-3.9	11.3	0.91	K 26
12.02.	9 26	13 30	17 34		18 27.1	-24 43	1.457	-3.9	11.5	0.90	K 27
12.07.	9 32	13 38	17 44		18 54.3	-24 25	1.433	-3.9	11.6	0.89	K 28
12.12.	9 35	13 45	17 55		19 21.3	-23 49	1.409	-3.9	11.8	0.88	K 29
12.17.	9 37	13 52	18 07		19 48.0	-22 55	1.385	-4.0	12.1	0.87	K 30
12.22.	9 37	13 58	18 20		20 14.2	-21 44	1.359	-4.0	12.3	0.86	K 31
12.27.	9 35	14 04	18 34		20 39.8	-20 17	1.333	-4.0	12.5	0.84	K 32
1.01.	9 31	14 10	18 49		21 04.9	-18 36	1.306	-4.0	12.8	0.83	K 33

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Vénusz napközelben: 8.10.05^h

A Vénusz naptávolban: 4.19.21^h 11.30.12^h

Mars

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	φ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	3 26	8 12	12 57	15 09.3	-16 58	2.051	1.5	4.6	0.94	Ny 51
1.11.	3 22	7 59	12 35	15 35.4	-18 41	1.968	1.5	4.8	0.93	Ny 54
1.21.	3 17	7 46	12 15	16 02.0	-20 10	1.881	1.4	5.0	0.93	Ny 58
1.31.	3 11	7 34	11 56	16 29.0	-21 24	1.793	1.3	5.2	0.92	Ny 62
2.10.	3 04	7 22	11 38	16 56.5	-22 22	1.702	1.2	5.5	0.91	Ny 65
2.20.	2 57	7 10	11 23	17 24.2	-23 03	1.611	1.1	5.8	0.90	Ny 69
3.02.	2 47	6 58	11 09	17 52.0	-23 28	1.519	0.9	6.2	0.90	Ny 73
3.12.	2 36	6 47	10 57	18 19.8	-23 34	1.427	0.8	6.6	0.89	Ny 76
3.22.	2 24	6 35	10 46	18 47.3	-23 24	1.337	0.7	7.0	0.88	Ny 80
4.01.	2*09	6*23	10*36	19 14.6	-22 58	1.247	0.5	7.5	0.88	Ny 84
4.11.	1*52	6*10	10*27	19 41.3	-22 18	1.159	0.3	8.1	0.87	Ny 87
4.21.	1*34	5*56	10*19	20 07.3	-21 25	1.074	0.2	8.7	0.87	Ny 91
5.01.	1*14	5*42	10*10	20 32.5	-20 22	0.991	0.0	9.5	0.87	Ny 95
5.11.	0*53	5*27	10*01	20 56.6	-19 12	0.911	-0.2	10.3	0.86	Ny 99
5.21.	0*30	5*10	9*51	21 19.5	-17 58	0.834	-0.4	11.2	0.87	Ny 103
5.31.	0*06	4*52	9*39	21 41.0	-16 43	0.761	-0.6	12.3	0.87	Ny 107
6.10.	23*37	4*33	9*25	22 00.7	-15 32	0.692	-0.9	13.5	0.88	Ny 112
6.20.	23*11	4*11	9*09	22 18.4	-14 30	0.627	-1.1	14.9	0.88	Ny 117
6.30.	22*42	3*46	8*48	22 33.4	-13 41	0.567	-1.4	16.5	0.90	Ny 123
7.10.	22*12	3*19	8*23	22 45.1	-13 10	0.513	-1.7	18.3	0.91	Ny 129
7.20.	21*40	2*47	7*51	22 52.9	-13 03	0.465	-2.0	20.1	0.93	Ny 137
7.30.	21*05	2*11	7*14	22 56.0	-13 21	0.426	-2.3	22.0	0.96	Ny 146
8.09.	20*26	1*29	6*29	22 53.9	-14 03	0.396	-2.5	23.7	0.98	Ny 156
8.19.	19*44	0*43	5*38	22 47.1	-14 58	0.378	-2.8	24.8	0.99	Ny 166
8.29.	18*59	23*49	4*45	22 37.2	-15 51	0.373	-2.9	25.1	1.00	Ny 173
9.08.	18*12	23*00	3*53	22 26.9	-16 24	0.382	-2.7	24.5	0.99	K 166
9.18.	17*25	22*13	3*05	22 19.2	-16 26	0.405	-2.5	23.1	0.98	K 155
9.28.	16*40	21*31	2*25	22 15.8	-15 56	0.440	-2.2	21.3	0.96	K 145
10.08.	15*58	20*54	1*53	22 17.6	-14 55	0.485	-1.9	19.3	0.93	K 136
10.18.	15*19	20*21	1*27	22 24.0	-13 30	0.539	-1.6	17.4	0.92	K 129
10.28.	14 42	19 53	1 06	22 34.5	-11 46	0.600	-1.3	15.6	0.90	K 122
11.07.	14 07	19 27	0 49	22 48.1	-9 47	0.667	-1.0	14.0	0.89	K 116
11.17.	13 34	19 04	0 36	23 04.1	-7 35	0.739	-0.8	12.7	0.88	K 110
11.27.	13 02	18 42	0 24	23 21.9	-5 14	0.816	-0.5	11.5	0.87	K 105
12.07.	12 31	18 22	0 15	23 41.1	-2 46	0.897	-0.3	10.4	0.87	K 100
12.17.	12 01	18 03	0 07	0 01.5	-0 13	0.980	-0.1	9.6	0.87	K 96
12.27.	11 31	17 45	0 00	0 22.7	+2 23	1.067	0.1	8.8	0.87	K 91

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Mars napközben: 8.30.11^h

A Mars földközben: 8.27.10^h 0.3727 AU

A Mars centrálmeridiánjának hosszúsága (fok)

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	85	145	234	294	4	64	138	210	294	25	95	167
2.	75	135	224	284	354	55	128	201	285	16	86	157
3.	66	125	215	275	344	45	119	192	277	7	76	147
4.	56	116	205	265	335	35	109	183	268	358	67	137
5.	46	106	195	255	325	26	100	174	259	349	57	128
6.	37	96	186	246	315	16	91	165	250	339	48	118
7.	27	87	176	236	306	7	81	156	241	330	38	108
8.	17	77	166	226	296	357	72	147	232	321	29	98
9.	7	67	157	217	286	347	63	138	223	312	19	89
10.	358	58	147	207	277	338	53	129	215	302	9	79
11.	348	48	137	197	267	328	44	120	206	293	0	69
12.	338	38	128	188	257	319	34	111	197	284	350	59
13.	329	29	118	178	248	309	25	102	188	274	341	50
14.	319	19	108	168	238	300	16	94	179	265	331	40
15.	309	9	99	159	228	290	7	85	170	256	321	30
16.	300	0	89	149	219	280	357	76	161	246	312	20
17.	290	350	79	139	209	271	348	67	152	237	302	11
18.	280	340	70	130	199	261	339	58	143	228	292	1
19.	271	331	60	120	190	252	329	49	134	218	283	351
20.	261	321	50	110	180	242	320	40	125	209	273	341
21.	251	311	41	101	170	233	311	31	116	200	263	331
22.	242	302	31	91	161	223	302	23	107	190	254	322
23.	232	292	21	81	151	214	293	14	98	181	244	312
24.	222	282	12	72	141	204	283	5	89	171	234	302
25.	212	273	2	62	132	195	274	356	80	162	225	292
26.	203	263	352	52	122	185	265	347	71	152	215	283
27.	193	253	343	42	112	176	256	338	62	143	205	273
28.	183	244	333	33	103	166	247	330	53	133	196	263
29.	174		323	23	93	157	238	321	44	124	186	253
30.	164		313	13	84	147	229	312	34	114	176	243
31.	154		304		74		219	303		105		234

A centrálmeridián hosszúságváltozása

óra	"	óra	"	óra	"
1	14.6	9	131.4	17	248.3
2	29.2	10	146.0	18	262.9
3	43.8	11	160.6	19	277.5
4	58.4	12	175.2	20	292.1
5	73.0	13	189.9	21	306.7
6	87.6	14	204.5	22	321.3
7	102.2	15	219.1	23	335.9
8	116.8	16	233.7	24	350.5

Jupiter

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	18 59	2 21	9 39	9 18.3	+16 31	4.481	-2.5	44.0	Ny 143
1.11.	18 14	1 38	8 58	9 14.5	+16 50	4.401	-2.5	44.8	Ny 154
1.21.	17 28	0 54	8 16	9 09.8	+17 13	4.349	-2.6	45.3	Ny 166
1.31.	16 41	0 10	7 33	9 04.6	+17 37	4.328	-2.6	45.6	Ny 177
2.10.	15 55	23 20	6 51	8 59.2	+18 00	4.338	-2.6	45.4	K 171
2.20.	15 09	22 36	6 08	8 54.2	+18 22	4.379	-2.5	45.0	K 160
3.02.	14 23	21 53	5 26	8 49.8	+18 40	4.449	-2.5	44.3	K 149
3.12.	13 40	21 10	4 44	8 46.3	+18 53	4.546	-2.4	43.4	K 138
3.22.	12 57	20 28	4 03	8 44.0	+19 02	4.664	-2.4	42.3	K 127
4.01.	12*17	19*48	3*23	8 42.9	+19 06	4.799	-2.3	41.1	K 117
4.11.	11*38	19*09	2*44	8 43.2	+19 04	4.948	-2.2	39.8	K 107
4.21.	11*01	18*31	2*06	8 44.7	+18 58	5.103	-2.2	38.6	K 98
5.01.	10*25	17*55	1*28	8 47.3	+18 47	5.263	-2.1	37.5	K 89
5.11.	9*51	17*19	0*51	8 51.1	+18 31	5.422	-2.0	36.4	K 80
5.21.	9*18	16*45	0*15	8 55.8	+18 11	5.577	-2.0	35.4	K 72
5.31.	8*46	16*11	23*35	9 01.3	+17 48	5.724	-1.9	34.4	K 63
6.10.	8*15	15*38	23*00	9 07.6	+17 21	5.862	-1.9	33.6	K 55
6.20.	7*46	15*05	22*25	9 14.5	+16 50	5.987	-1.8	32.9	K 48
6.30.	7*16	14*33	21*50	9 21.8	+16 16	6.097	-1.8	32.3	K 40
7.10.	6*48	14*02	21*16	9 29.5	+15 40	6.192	-1.8	31.8	K 32
7.20.	6*20	13*30	20*41	9 37.5	+15 01	6.268	-1.7	31.5	K 25
7.30.	5*52	12*59	20*07	9 45.8	+14 20	6.326	-1.7	31.2	K 17
8.09.	5*24	12*28	19*32	9 54.1	+13 37	6.364	-1.7	31.0	K 10
8.19.	4*57	11*57	18*58	10 02.5	+12 53	6.382	-1.7	30.9	K 3
8.29.	4*30	11*26	18*23	10 10.9	+12 07	6.380	-1.7	30.9	Ny 5
9.08.	4*02	10*55	17*48	10 19.2	+11 22	6.356	-1.7	31.0	Ny 12
9.18.	3*34	10*24	17*14	10 27.3	+10 36	6.313	-1.7	31.2	Ny 20
9.28.	3*06	9*53	16*39	10 35.2	+9 51	6.249	-1.7	31.5	Ny 28
10.08.	2*38	9*21	16*04	10 42.8	+9 08	6.166	-1.8	32.0	Ny 36
10.18.	2*09	8*49	15*28	10 49.9	+8 26	6.065	-1.8	32.5	Ny 44
10.28.	1 39	8 16	14 53	10 56.6	+7 47	5.948	-1.8	33.1	Ny 52
11.07.	1 08	7 43	14 17	11 02.7	+7 11	5.816	-1.9	33.9	Ny 60
11.17.	0 37	7 09	13 40	11 08.1	+6 40	5.673	-1.9	34.7	Ny 69
11.27.	0 04	6 34	13 04	11 12.7	+6 13	5.521	-2.0	35.7	Ny 78
12.07.	23 26	5 58	12 26	11 16.4	+5 53	5.364	-2.0	36.8	Ny 87
12.17.	22 51	5 22	11 49	11 19.1	+5 38	5.205	-2.1	37.9	Ny 96
12.27.	22 13	4 44	11 10	11 20.7	+5 31	5.049	-2.2	39.0	Ny 106

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Jupiter földközeli:

2.01.19^h 4.3271 AU

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) I. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	266	125	229	84	138	347	37	244	92	143	354	49
2.	64	283	27	242	295	144	194	42	250	301	152	207
3.	222	81	185	40	93	302	352	199	47	99	310	5
4.	20	239	343	198	251	100	150	357	205	257	108	163
5.	178	37	141	355	49	257	307	155	3	54	265	321
6.	336	195	299	153	206	55	105	312	160	212	63	119
7.	134	353	97	311	4	213	262	110	318	10	221	277
8.	292	151	255	109	162	10	60	268	116	168	19	75
9.	90	309	53	267	320	168	218	65	274	325	177	233
10.	248	107	211	65	117	326	15	223	71	123	335	30
11.	46	265	9	222	275	123	173	21	229	281	132	188
12.	204	63	167	20	73	281	331	178	27	79	290	346
13.	2	221	324	178	230	79	128	336	184	236	88	144
14.	160	19	122	336	28	236	286	134	342	34	246	302
15.	318	177	280	133	186	34	84	291	140	192	44	100
16.	117	336	78	291	344	192	241	89	297	350	202	258
17.	275	134	236	89	141	349	39	247	95	147	359	56
18.	73	291	34	247	299	147	197	44	253	305	157	214
19.	231	89	192	45	97	305	354	202	51	103	315	12
20.	29	247	350	202	254	102	152	0	208	261	113	170
21.	187	45	148	0	52	260	310	157	6	59	271	328
22.	345	203	306	158	210	58	107	315	164	216	69	125
23.	143	1	103	316	7	215	265	113	322	14	226	283
24.	301	159	261	113	165	13	63	270	119	172	24	81
25.	99	317	59	271	323	171	220	68	277	330	182	239
26.	257	115	217	69	120	328	18	226	75	127	340	37
27.	55	273	15	227	278	126	176	23	232	285	138	195
28.	213	71	173	24	76	284	333	181	30	83	296	353
29.	11		331	182	234	81	131	339	188	241	94	151
30.	169		128	340	31	239	289	137	346	39	252	309
31.	327		286		189		86	294		196		107

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	perc					
	0	10	20	30	40	50
0	0.0	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5
1	36.6	42.7	48.8	54.9	61.0	67.1
2	73.2	79.3	85.4	91.5	97.5	103.6
3	109.7	115.8	121.9	128.0	134.1	140.2
4	146.3	152.4	158.5	164.6	170.7	176.8
5	182.9	189.0	195.1	201.2	207.3	213.4
6	219.5	225.6	231.7	237.8	243.9	250.0
7	256.1	262.2	268.3	274.4	280.5	286.6
8	292.7	298.8	304.9	311.0	317.0	323.1
9	329.2	335.3	341.4	347.5	353.6	359.7

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) II. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	164	146	37	15	200	172	353	324	296	118	92	279
2.	314	297	187	165	350	322	143	114	86	268	243	69
3.	104	87	337	316	140	112	293	264	236	58	33	219
4.	255	238	128	106	290	262	83	54	26	209	183	9
5.	45	28	278	256	80	52	233	204	176	359	333	160
6.	196	178	68	46	230	202	23	354	326	149	123	310
7.	346	329	219	196	20	352	173	144	116	299	274	100
8.	136	119	9	347	171	143	323	294	266	89	64	251
9.	287	270	159	137	321	293	114	84	56	239	214	41
10.	77	60	310	287	111	83	264	235	206	29	4	191
11.	228	210	100	77	261	233	54	25	356	179	154	341
12.	18	1	250	227	51	23	204	175	146	329	304	132
13.	169	151	40	17	201	173	354	325	296	120	95	282
14.	319	301	191	168	351	323	144	115	87	270	245	72
15.	109	92	341	318	141	113	294	265	237	60	35	222
16.	260	242	131	108	291	263	84	55	27	210	185	13
17.	50	33	282	258	81	53	234	205	177	0	336	163
18.	201	183	72	48	231	203	24	355	327	150	126	313
19.	351	333	222	198	21	353	174	145	117	300	276	104
20.	141	124	12	348	172	143	324	295	267	91	66	254
21.	292	274	163	139	322	293	114	85	57	241	216	44
22.	82	64	313	289	112	83	264	235	207	31	7	195
23.	233	215	103	79	262	233	54	25	357	181	157	345
24.	23	5	253	229	52	23	204	175	147	331	307	135
25.	174	155	44	19	202	173	354	325	298	121	97	286
26.	324	306	194	169	352	323	144	115	88	271	248	76
27.	114	96	344	319	142	113	294	265	238	62	38	226
28.	265	246	134	110	292	263	84	55	28	212	188	16
29.	55		285	260	82	53	234	205	178	2	338	167
30.	206		75	50	232	203	24	356	328	152	128	317
31.	356		225		22		174	146		302		107

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	perc					
	0	10	20	30	40	50
0	0.0	6.0	12.1	18.1	24.2	30.2
1	36.3	42.3	48.4	54.4	60.5	66.5
2	72.5	78.5	84.6	90.6	96.7	102.7
3	108.8	114.8	120.9	126.9	133.0	139.0
4	145.1	151.1	157.2	163.2	169.3	175.3
5	181.3	187.3	193.4	199.4	205.5	211.5
6	217.6	223.6	229.7	235.7	241.8	247.8
7	253.8	259.8	265.9	271.9	278.0	284.0
8	290.1	296.1	302.2	308.2	314.3	320.3
9	326.4	332.4	338.5	344.5	350.5	356.6

Szaturnusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m KÖZEI*				RA h m	D ° '	Δ AU	m	ø "	b "	E °
					0 ^h UT-kor						
1.01.	14 48	22 35	6 27		5 36.0	+22 02	8.085	-0.4	20.6	-24.5	K 164
1.11.	14 05	21 53	5 45		5 32.9	+22 02	8.145	-0.3	20.4	-24.3	K 153
1.21.	13 23	21 11	5 03		5 30.1	+22 02	8.233	-0.3	20.2	-24.1	K 143
1.31.	12 42	20 29	4 21		5 28.0	+22 02	8.346	-0.2	19.9	-23.8	K 132
2.10.	12 01	19 49	3 41		5 26.7	+22 03	8.480	-0.1	19.6	-23.4	K 121
2.20.	11 21	19 09	3 01		5 26.1	+22 05	8.629	-0.1	19.3	-23.1	K 111
3.02.	10 42	18 30	2 22		5 26.3	+22 07	8.788	0.0	18.9	-22.7	K 101
3.12.	10 03	17 52	1 44		5 27.3	+22 10	8.953	0.0	18.6	-22.3	K 91
3.22.	9 25	17 14	1 07		5 29.1	+22 13	9.119	0.0	18.2	-21.9	K 82
4.01.	8*48	16*37	0*30		5 31.6	+22 17	9.281	0.1	17.9	-21.5	K 73
4.11.	8*12	16*01	23*51		5 34.8	+22 21	9.435	0.1	17.6	-21.1	K 63
4.21.	7*36	15*26	23*16		5 38.5	+22 25	9.577	0.1	17.4	-20.9	K 55
5.01.	7*00	14*51	22*41		5 42.8	+22 28	9.705	0.1	17.1	-20.5	K 46
5.11.	6*25	14*16	22*07		5 47.5	+22 32	9.815	0.1	16.9	-20.2	K 37
5.21.	5*51	13*42	21*33		5 52.5	+22 34	9.906	0.1	16.8	-20.1	K 29
5.31.	5*17	13*08	20*59		5 57.8	+22 36	9.975	0.1	16.7	-19.9	K 20
6.10.	4*43	12*34	20*25		6 03.3	+22 37	10.021	0.0	16.6	-19.7	K 12
6.20.	4*09	12*00	19*51		6 08.9	+22 37	10.045	0.0	16.5	-19.5	K 4
6.30.	3*35	11*26	19*18		6 14.5	+22 36	10.044	0.0	16.5	-19.4	Ny 5
7.10.	3*02	10*53	18*44		6 20.1	+22 35	10.020	0.1	16.6	-19.5	Ny 13
7.20.	2*28	10*19	18*09		6 25.6	+22 32	9.972	0.1	16.7	-19.5	Ny 21
7.30.	1*54	9*45	17*35		6 30.9	+22 29	9.902	0.1	16.8	-19.5	Ny 29
8.09.	1*20	9*10	17*00		6 35.9	+22 26	9.811	0.1	16.9	-19.5	Ny 38
8.19.	0*46	8*36	16*25		6 40.5	+22 22	9.701	0.1	17.1	-19.6	Ny 46
8.29.	0*11	8*01	15*50		6 44.8	+22 18	9.574	0.1	17.4	-19.8	Ny 55
9.08.	23*33	7*25	15*14		6 48.5	+22 14	9.432	0.1	17.6	-19.9	Ny 64
9.18.	22*57	6*49	14*37		6 51.6	+22 10	9.278	0.1	17.9	-20.2	Ny 73
9.28.	22*20	6*12	14*00		6 54.1	+22 07	9.117	0.1	18.2	-20.4	Ny 82
10.08.	21*43	5*34	13*22		6 55.9	+22 05	8.952	0.1	18.6	-20.8	Ny 91
10.18.	21*04	4*56	12*44		6 57.0	+22 03	8.788	0.0	18.9	-21.1	Ny 101
10.28.	20 25	4 17	12 05		6 57.2	+22 03	8.629	0.0	19.3	-21.6	Ny 111
11.07.	19 45	3 37	11 25		6 56.6	+22 04	8.481	-0.1	19.6	-21.9	Ny 121
11.17.	19 04	2 56	10 44		6 55.3	+22 06	8.347	-0.2	19.9	-22.3	Ny 131
11.27.	18 23	2 15	10 03		6 53.3	+22 09	8.234	-0.2	20.2	-22.7	Ny 142
12.07.	17 40	1 33	9 22		6 50.6	+22 13	8.145	-0.3	20.4	-23.1	Ny 153
12.17.	16 57	0 51	8 40		6 47.5	+22 18	8.084	-0.4	20.6	-23.4	Ny 164
12.27.	16 14	0 08	7 57		6 44.0	+22 22	8.054	-0.4	20.6	-23.5	Ny 175

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Szaturnusz napközben: 7.26.16^h

Uránusz

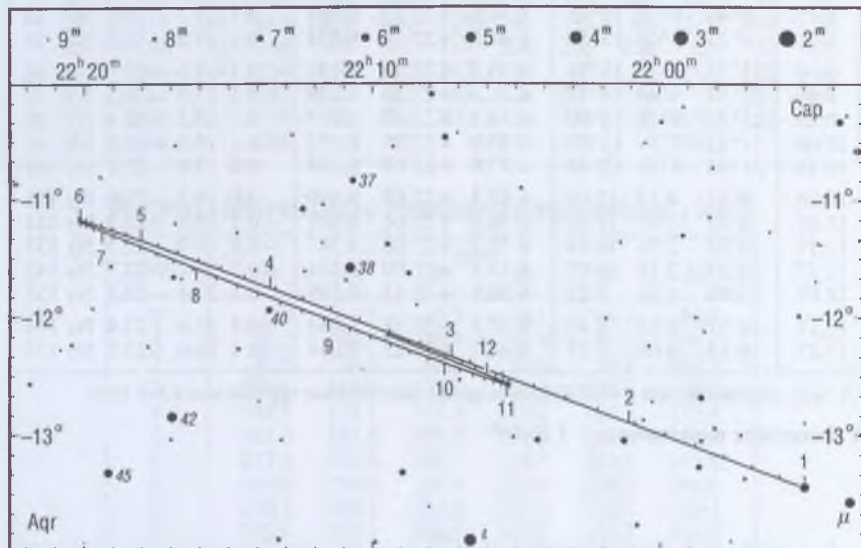
dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m KÖZEI*			RA h m	D ° '	Δ AU 0 ^h UT-kor	m	ø "	E °
1.01.	9 54	14 56	19 58	21 55.0	-13 26	20.684	5.9	3.4	K 46
1.21.	8 37	13 41	18 45	21 58.8	-13 06	20.890	5.9	3.4	K 27
2.10.	7 21	12 27	17 32	22 03.1	-12 43	20.995	5.9	3.4	K 8
3.02.	6 05	11 12	16 20	22 07.5	-12 19	20.989	5.9	3.4	Ny 12
3.22.	4 49	9 58	15 07	22 11.7	-11 56	20.873	5.9	3.4	Ny 30
4.11.	3 32	8 43	13 54	22 15.3	-11 36	20.662	5.9	3.4	Ny 49
5.01.	2 15	7 27	12 39	22 18.0	-11 21	20.379	5.9	3.5	Ny 68
5.21.	0 57	6 10	11 23	22 19.7	-11 13	20.054	5.8	3.5	Ny 87
6.10.	23 35	4 52	10 05	22 20.2	-11 11	19.723	5.8	3.6	Ny 106
6.30.	22 16	3 32	8 45	22 19.5	-11 16	19.423	5.8	3.6	Ny 125
7.20.	20 56	2 12	7 24	22 17.6	-11 27	19.189	5.7	3.7	Ny 145
8.09.	19 36	0 51	6 01	22 15.0	-11 42	19.050	5.7	3.7	Ny 165
8.29.	18 16	23 25	4 38	22 12.0	-11 59	19.024	5.7	3.7	K 175
9.18.	16 56	22 04	3 15	22 09.1	-12 15	19.115	5.7	3.7	K 155
10.08.	15 36	20 43	1 54	22 06.8	-12 27	19.314	5.8	3.6	K 135
10.28.	14 16	19 23	0 33	22 05.4	-12 34	19.597	5.8	3.6	K 115
11.17.	12 58	18 04	23 10	22 05.3	-12 34	19.930	5.8	3.5	K 95
12.07.	11 40	16 47	21 54	22 06.5	-12 26	20.273	5.9	3.5	K 75
12.27.	10 22	15 30	20 38	22 08.9	-12 13	20.585	5.9	3.4	K 55

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Uránusz földközeli:

8.23.12^h

19.0191 AU



Neptunusz

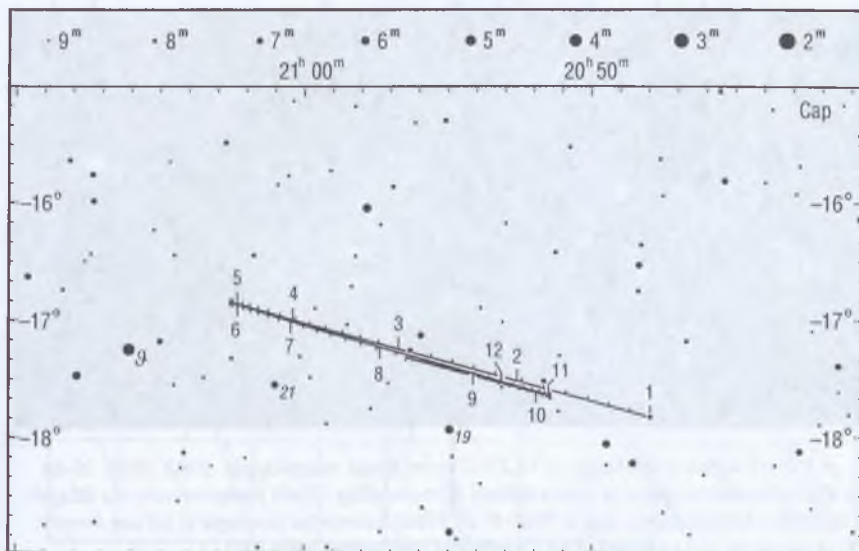
dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	9 08	13 49	18 30	20 48.0	-17 49	30.937	8.0	2.2	K 29
1.21.	7 51	12 33	17 15	20 50.9	-17 38	31.053	8.0	2.2	K 10
2.10.	6 35	11 18	16 01	20 54.0	-17 26	31.056	8.0	2.2	Ny 10
3.02.	5 18	10 02	14 46	20 56.9	-17 14	30.944	8.0	2.2	Ny 29
3.22.	4 01	8 46	13 31	20 59.4	-17 04	30.733	8.0	2.2	Ny 49
4.11.	2*44	7*29	12*14	21 01.3	-16 56	30.445	7.9	2.2	Ny 68
5.01.	1*26	6*11	10*57	21 02.3	-16 52	30.116	7.9	2.3	Ny 87
5.21.	0*07	4*53	9*39	21 02.6	-16 51	29.780	7.9	2.3	Ny 106
6.10.	22*44	3*34	8*19	21 01.9	-16 54	29.476	7.9	2.3	Ny 126
6.30.	21*25	2*14	6*59	21 00.6	-17 00	29.240	7.9	2.3	Ny 145
7.20.	20*05	0*53	5*38	20 58.7	-17 08	29.098	7.8	2.3	Ny 165
8.09.	18*45	23*28	4*16	20 56.5	-17 17	29.068	7.8	2.3	K 176
8.29.	17*25	22*08	2*55	20 54.4	-17 26	29.153	7.8	2.3	K 156
9.18.	16*05	20*47	1*34	20 52.7	-17 33	29.346	7.9	2.3	K 136
10.08.	14*46	19*28	0*14	20 51.7	-17 38	29.623	7.9	2.3	K 116
10.28.	13 27	18 09	22 51	20 51.4	-17 39	29.952	7.9	2.3	K 96
11.17.	12 09	16 51	21 33	20 52.1	-17 36	30.294	7.9	2.3	K 76
12.07.	10 51	15 34	20 16	20 53.7	-17 30	30.608	8.0	2.2	K 57
12.27.	9 34	14 18	19 01	20 56.0	-17 21	30.858	8.0	2.2	K 37

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Neptunusz földközelen:

8.04.04^h

29.0642 AU



Plútó

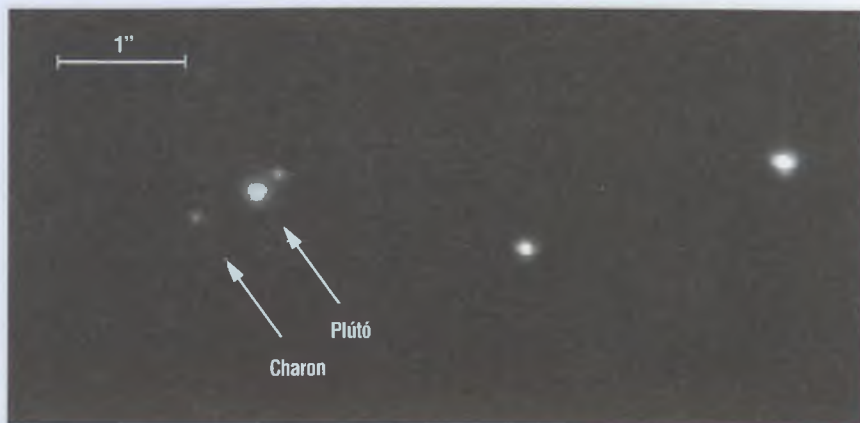
dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m s	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	5 13	10 14	15 15	17 12 13	-13 45 12	31.494	13.9	0.1	Ny 24
1.21.	3 57	8 58	13 59	17 14 56	-13 47 06	31.322	13.9	0.1	Ny 42
2.10.	2 41	7 42	12 42	17 17 05	-13 46 39	31.065	13.9	0.1	Ny 62
3.02.	1 23	6 24	11 25	17 18 29	-13 44 12	30.753	13.9	0.1	Ny 81
3.22.	0 05	5 06	10 07	17 19 00	-13 40 23	30.422	13.8	0.1	Ny 101
4.11.	22*42	3*47	8*49	17 18 38	-13 35 57	30.114	13.8	0.1	Ny 120
5.01.	21*22	2*27	7*29	17 17 27	-13 31 44	29.866	13.8	0.1	Ny 140
5.21.	20*01	1*07	6*09	17 15 40	-13 28 29	29.706	13.8	0.1	Ny 158
6.10.	18*40	23*42	4*48	17 13 33	-13 26 52	29.655	13.8	0.1	Ny 170
6.30.	17*19	22*21	3*28	17 11 26	-13 27 22	29.719	13.8	0.1	K 158
7.20.	15*59	21*01	2*07	17 09 37	-13 30 12	29.890	13.8	0.1	K 140
8.09.	14*40	19*41	0*47	17 08 22	-13 35 19	30.148	13.8	0.1	K 121
8.29.	13*21	18*22	23*23	17 07 54	-13 42 22	30.466	13.9	0.1	K 102
9.18.	12*04	17*04	22*04	17 08 17	-13 50 50	30.807	13.9	0.1	K 83
10.08.	10*47	15*47	20*46	17 09 33	-14 00 00	31.134	13.9	0.1	K 64
10.28.	9 31	14 30	19 29	17 11 34	-14 09 04	31.411	13.9	0.1	K 45
11.17.	8 16	13 14	18 12	17 14 11	-14 17 15	31.606	13.9	0.1	K 26
12.07.	7 00	11 58	16 56	17 17 10	-14 23 53	31.698	13.9	0.1	K 10
12.27.	5 45	10 43	15 40	17 20 14	-14 28 29	31.677	13.9	0.1	Ny 17

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Plútó földközeli:

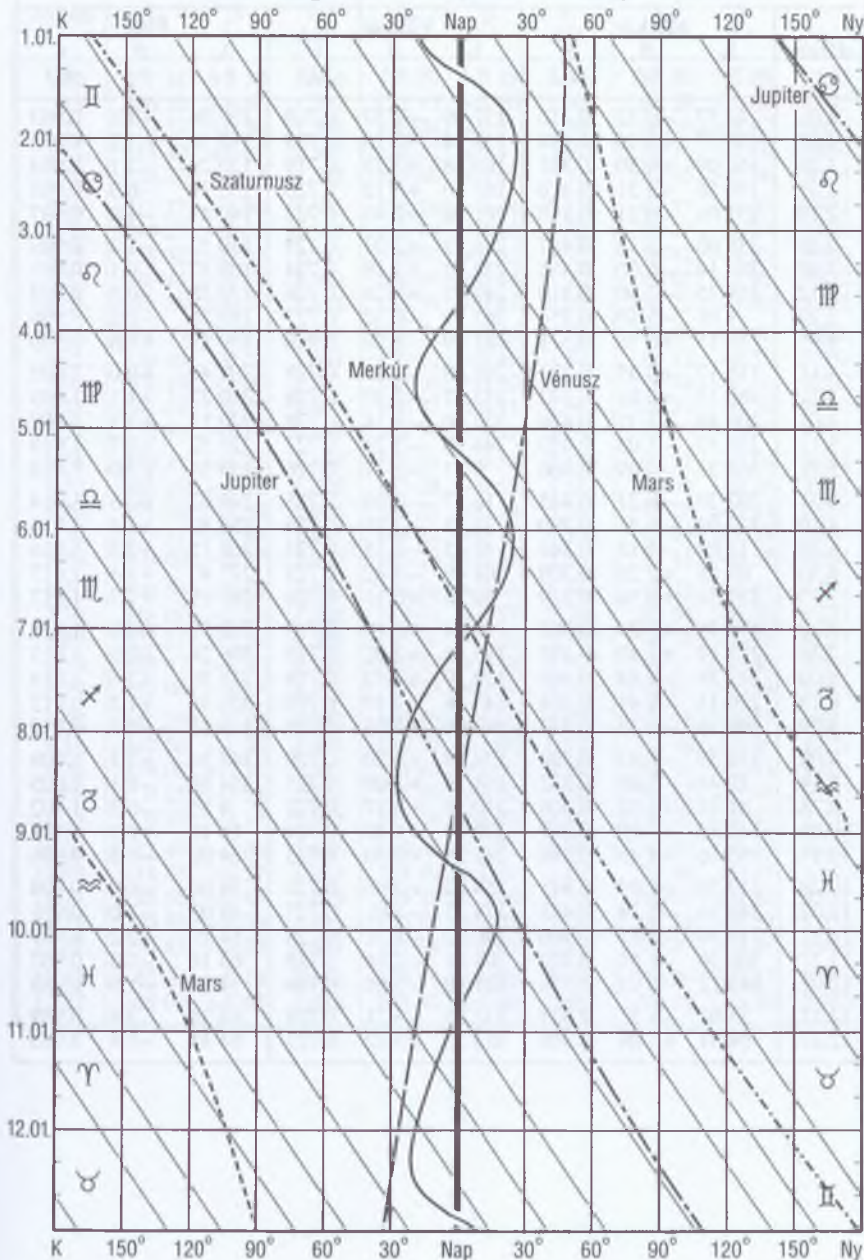
6.08.21^h

29.6553 AU



A Plútó-Charon kettősolygó a VLT 8.2 m-es Yepun teleszkóppal. 2002. július 20-án a Plútó majdnem elfedte a képen látható hármascscsillag C jelű komponensét. Az adaptív optikával készült képen még a Plútó 0'.107 látszó átmérőjű korongja is fel van bontva. (Lásd A VLT technikai újdonságai című hírt)

A bolygók kitérése a Naptól



A bolygók ekliptikai koordinátái

dátum	Merkúr			Vénusz			Föld		
	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU
1.01.	43 57	-0 32	0.316	137 09	+2 57	0.718	100 06	-1.6	0.983
1.11.	106 07	+5 56	0.314	153 24	+3 18	0.719	110 18	-1.2	0.983
1.21.	160 09	+6 30	0.361	169 38	+3 23	0.719	120 29	-2.1	0.984
1.31.	199 56	+3 21	0.416	185 50	+3 12	0.720	130 39	-0.9	0.985
2.10.	231 09	-0 21	0.455	201 58	+2 46	0.722	140 47	-1.0	0.987
2.20.	259 00	-3 35	0.467	218 02	+2 07	0.723	150 53	-1.3	0.989
3.02.	287 14	-6 00	0.451	234 02	+1 18	0.724	160 57	-0.1	0.991
3.12.	319 35	-7 00	0.410	249 57	+0 24	0.726	170 58	-0.6	0.993
3.22.	1 01	-5 10	0.354	265 49	-0 32	0.727	180 55	-0.2	0.996
4.01.	56 15	+0 58	0.311	281 39	-1 26	0.728	190 49	+0.8	0.999
4.11.	118 17	+6 35	0.321	297 28	-2 13	0.728	200 40	+0.0	1.002
4.21.	169 15	+6 01	0.373	313 17	-2 50	0.728	210 27	+1.1	1.005
5.01.	206 46	+2 35	0.426	329 06	-3 14	0.728	220 11	+1.3	1.007
5.11.	236 57	-1 03	0.459	344 58	-3 24	0.727	229 52	+0.7	1.010
5.21.	264 35	-4 09	0.466	0 51	-3 17	0.726	239 31	+2.0	1.012
5.31.	293 20	-6 21	0.445	16 47	-2 56	0.725	249 07	+1.5	1.014
6.10.	327 04	-6 55	0.399	32 45	-2 21	0.724	258 42	+1.3	1.015
6.20.	11 04	-4 15	0.343	48 45	-1 35	0.723	268 15	+2.3	1.016
6.30.	68 55	+2 28	0.308	64 49	-0 42	0.721	277 47	+1.4	1.017
7.10.	129 53	+6 56	0.329	80 55	+0 15	0.720	287 19	+1.7	1.017
7.20.	177 46	+5 25	0.385	97 04	+1 11	0.719	296 51	+2.0	1.016
7.30.	213 19	+1 49	0.435	113 16	+2 02	0.719	306 24	+0.9	1.015
8.09.	242 39	-1 44	0.463	129 30	+2 42	0.718	315 59	+1.6	1.014
8.19.	270 13	-4 41	0.464	145 46	+3 10	0.719	325 35	+1.2	1.012
8.29.	299 38	-6 38	0.437	162 00	+3 23	0.719	335 13	+0.3	1.010
9.08.	334 59	-6 43	0.388	178 14	+3 20	0.720	344 54	+1.1	1.008
9.18.	21 44	-3 09	0.332	194 24	+3 00	0.721	354 38	-0.1	1.005
9.28.	81 44	+3 52	0.308	210 30	+2 27	0.722	4 25	-0.3	1.002
10.08.	140 53	+7 00	0.339	226 31	+1 42	0.724	14 15	+0.1	0.999
10.18.	185 46	+4 45	0.396	242 29	+0 50	0.725	24 09	-1.3	0.996
10.28.	219 36	+1 04	0.443	258 22	-0 06	0.726	34 06	-0.9	0.994
11.07.	248 16	-2 24	0.465	274 13	-1 01	0.727	44 07	-1.0	0.991
11.17.	275 56	-5 11	0.460	290 02	-1 52	0.728	54 10	-2.2	0.989
11.27.	306 10	-6 51	0.429	305 51	-2 34	0.728	64 16	-1.3	0.987
12.07.	343 22	-6 21	0.376	321 40	-3 05	0.728	74 24	-1.9	0.985
12.17.	33 01	-1 51	0.323	337 30	-3 21	0.728	84 34	-2.4	0.984
12.27.	94 31	+5 04	0.310	353 23	-3 22	0.727	94 45	-1.4	0.983

dátum	Mars			Jupiter			Szaturnusz		
	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU
1.01.	201 31	+0 52	1.616	130 29	+0 39	5.302	86 06	-1 09	9.035
1.11.	206 10	+0 44	1.607	131 17	+0 40	5.305	86 28	-1 08	9.035
1.21.	210 53	+0 36	1.596	132 04	+0 41	5.309	86 50	-1 07	9.034
1.31.	215 40	+0 27	1.585	132 52	+0 42	5.312	87 13	-1 06	9.034
2.10.	220 32	+0 17	1.574	133 40	+0 43	5.315	87 35	-1 06	9.034
2.20.	225 27	+0 08	1.562	134 28	+0 44	5.318	87 57	-1 05	9.033
3.02.	230 27	-0 02	1.549	135 15	+0 45	5.322	88 20	-1 04	9.033
3.12.	235 32	-0 12	1.537	136 03	+0 45	5.325	88 42	-1 03	9.033
3.22.	240 43	-0 21	1.524	136 50	+0 46	5.328	89 05	-1 02	9.032
4.01.	245 58	-0 31	1.511	137 38	+0 47	5.331	89 27	-1 01	9.032
4.11.	251 19	-0 41	1.497	138 25	+0 48	5.334	89 49	-1 00	9.032
4.21.	256 46	-0 51	1.485	139 13	+0 49	5.337	90 12	-0 59	9.032
5.01.	262 19	-1 00	1.472	140 00	+0 50	5.340	90 34	-0 58	9.032
5.11.	267 57	-1 09	1.459	140 47	+0 51	5.343	90 57	-0 58	9.031
5.21.	273 41	-1 17	1.448	141 34	+0 51	5.346	91 19	-0 57	9.031
5.31.	279 31	-1 25	1.436	142 21	+0 52	5.349	91 41	-0 56	9.031
6.10.	285 26	-1 32	1.426	143 08	+0 53	5.352	92 04	-0 55	9.031
6.20.	291 26	-1 38	1.416	143 55	+0 54	5.355	92 26	-0 54	9.031
6.30.	297 31	-1 43	1.407	144 42	+0 55	5.358	92 49	-0 53	9.031
7.10.	303 40	-1 47	1.400	145 29	+0 55	5.361	93 11	-0 52	9.031
7.20.	309 53	-1 49	1.393	146 16	+0 56	5.363	93 33	-0 51	9.031
7.30.	316 09	-1 51	1.388	147 03	+0 57	5.366	93 56	-0 50	9.031
8.09.	322 27	-1 51	1.384	147 50	+0 58	5.369	94 18	-0 49	9.031
8.19.	328 47	-1 50	1.382	148 37	+0 58	5.372	94 41	-0 48	9.031
8.29.	335 08	-1 47	1.381	149 23	+0 59	5.374	95 03	-0 48	9.031
9.08.	341 29	-1 43	1.382	150 10	+1 00	5.377	95 25	-0 47	9.031
9.18.	347 50	-1 38	1.384	150 57	+1 00	5.379	95 48	-0 46	9.031
9.28.	354 08	-1 31	1.387	151 43	+1 01	5.382	96 10	-0 45	9.031
10.08.	0 25	-1 24	1.392	152 30	+1 02	5.384	96 32	-0 44	9.031
10.18.	6 39	-1 16	1.398	153 16	+1 02	5.387	96 55	-0 43	9.032
10.28.	12 49	-1 06	1.405	154 03	+1 03	5.389	97 17	-0 42	9.032
11.07.	18 55	-0 57	1.413	154 49	+1 04	5.392	97 40	-0 41	9.032
11.17.	24 56	-0 46	1.423	155 35	+1 04	5.394	98 02	-0 40	9.032
11.27.	30 52	-0 36	1.433	156 22	+1 05	5.396	98 24	-0 39	9.032
12.07.	36 43	-0 25	1.444	157 08	+1 05	5.399	98 47	-0 38	9.033
12.17.	42 29	-0 14	1.456	157 54	+1 06	5.401	99 09	-0 37	9.033
12.27.	48 09	-0 03	1.468	158 40	+1 06	5.403	99 32	-0 36	9.033

dátum	Uránusz			Neptunusz			Plútó		
	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_e ° ' "	β ° ' "	r AU
1.01.	328 16	-0 45	20.015	310 27	+0 02	30.085	257 33	+9 28	30.595
1.11.	328 22	-0 45	20.015	310 31	+0 02	30.084	257 37	+9 27	30.599
1.21.	328 28	-0 45	20.016	310 34	+0 02	30.084	257 41	+9 26	30.603
1.31.	328 35	-0 45	20.017	310 38	+0 02	30.084	257 44	+9 25	30.607
2.10.	328 41	-0 45	20.017	310 41	+0 02	30.084	257 48	+9 25	30.610
2.20.	328 48	-0 45	20.018	310 45	+0 02	30.083	257 52	+9 24	30.614
3.02.	328 54	-0 45	20.019	310 49	+0 02	30.083	257 56	+9 23	30.618
3.12.	329 01	-0 45	20.019	310 52	+0 02	30.083	258 00	+9 22	30.622
3.22.	329 07	-0 45	20.020	310 56	+0 02	30.083	258 03	+9 21	30.626
4.01.	329 14	-0 45	20.021	310 59	+0 01	30.082	258 07	+9 20	30.630
4.11.	329 20	-0 45	20.021	311 03	+0 01	30.082	258 11	+9 19	30.634
4.21.	329 27	-0 45	20.022	311 06	+0 01	30.082	258 15	+9 18	30.638
5.01.	329 33	-0 45	20.023	311 10	+0 01	30.081	258 18	+9 17	30.641
5.11.	329 39	-0 45	20.023	311 14	+0 01	30.081	258 22	+9 16	30.645
5.21.	329 46	-0 45	20.024	311 17	+0 01	30.081	258 26	+9 15	30.649
5.31.	329 52	-0 45	20.025	311 21	+0 01	30.081	258 30	+9 14	30.653
6.10.	329 59	-0 45	20.025	311 24	+0 01	30.080	258 33	+9 13	30.657
6.20.	330 05	-0 45	20.026	311 28	+0 01	30.080	258 37	+9 12	30.661
6.30.	330 12	-0 45	20.027	311 32	+0 00	30.080	258 41	+9 11	30.665
7.10.	330 18	-0 45	20.027	311 35	+0 00	30.080	258 45	+9 10	30.669
7.20.	330 25	-0 45	20.028	311 39	+0 00	30.079	258 48	+9 09	30.673
7.30.	330 31	-0 45	20.029	311 42	+0 00	30.079	258 52	+9 08	30.677
8.09.	330 37	-0 45	20.029	311 46	+0 00	30.079	258 56	+9 07	30.681
8.19.	330 44	-0 45	20.030	311 49	-0 00	30.078	259 00	+9 06	30.685
8.29.	330 50	-0 45	20.031	311 53	-0 00	30.078	259 03	+9 05	30.689
9.08.	330 57	-0 45	20.031	311 57	-0 00	30.078	259 07	+9 04	30.693
9.18.	331 03	-0 45	20.032	312 00	-0 00	30.078	259 11	+9 03	30.697
9.28.	331 10	-0 45	20.032	312 04	-0 01	30.077	259 15	+9 02	30.701
10.08.	331 16	-0 45	20.033	312 07	-0 01	30.077	259 18	+9 01	30.705
10.18.	331 22	-0 45	20.034	312 11	-0 01	30.077	259 22	+9 00	30.709
10.28.	331 29	-0 45	20.034	312 14	-0 01	30.077	259 26	+9 00	30.713
11.07.	331 35	-0 45	20.035	312 18	-0 01	30.076	259 29	+8 59	30.717
11.17.	331 42	-0 45	20.035	312 22	-0 01	30.076	259 33	+8 58	30.721
11.27.	331 48	-0 45	20.036	312 25	-0 01	30.076	259 37	+8 57	30.725
12.07.	331 55	-0 45	20.037	312 29	-0 01	30.076	259 41	+8 56	30.729
12.17.	332 01	-0 45	20.037	312 32	-0 01	30.075	259 44	+8 55	30.733
12.27.	332 08	-0 45	20.038	312 36	-0 02	30.075	259 48	+8 54	30.737

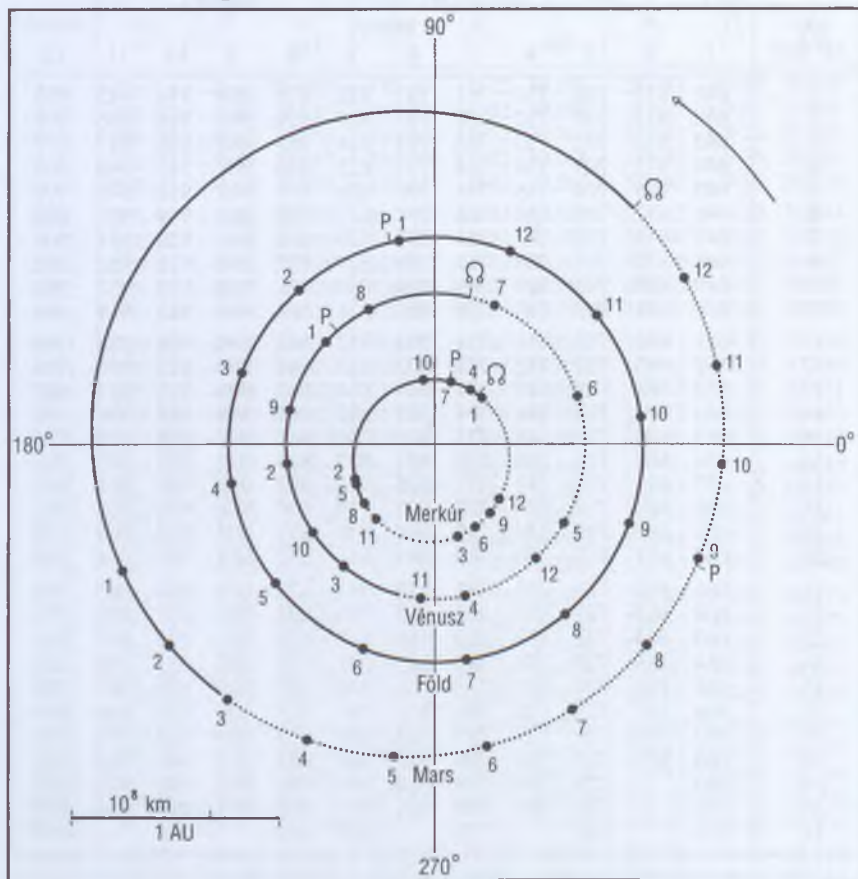
$JD = 2\,452\,000 + \dots$ **Julián-dátum**

nap 12 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	641	672	700	731	761	792	822	853	884	914	945	975
2.	642	673	701	732	762	793	823	854	885	915	946	976
3.	643	674	702	733	763	794	824	855	886	916	947	977
4.	644	675	703	734	764	795	825	856	887	917	948	978
5.	645	676	704	735	765	796	826	857	888	918	949	979
6.	646	677	705	736	766	797	827	858	889	919	950	980
7.	647	678	706	737	767	798	828	859	890	920	951	981
8.	648	679	707	738	768	799	829	860	891	921	952	982
9.	649	680	708	739	769	800	830	861	892	922	953	983
10.	650	681	709	740	770	801	831	862	893	923	954	984
11.	651	682	710	741	771	802	832	863	894	924	955	985
12.	652	683	711	742	772	803	833	864	895	925	956	986
13.	653	684	712	743	773	804	834	865	896	926	957	987
14.	654	685	713	744	774	805	835	866	897	927	958	988
15.	655	686	714	745	775	806	836	867	898	928	959	989
16.	656	687	715	746	776	807	837	868	899	929	960	990
17.	657	688	716	747	777	808	838	869	900	930	961	991
18.	658	689	717	748	778	809	839	870	901	931	962	992
19.	659	690	718	749	779	810	840	871	902	932	963	993
20.	660	691	719	750	780	811	841	872	903	933	964	994
21.	661	692	720	751	781	812	842	873	904	934	965	995
22.	662	693	721	752	782	813	843	874	905	935	966	996
23.	663	694	722	753	783	814	844	875	906	936	967	997
24.	664	695	723	754	784	815	845	876	907	937	968	998
25.	665	696	724	755	785	816	846	877	908	938	969	999
26.	666	697	725	756	786	817	847	878	909	939	970	1000
27.	667	698	726	757	787	818	848	879	910	940	971	1001
28.	668	699	727	758	788	819	849	880	911	941	972	1002
29.	669		728	759	789	820	850	881	912	942	973	1003
30.	670		729	760	790	821	851	882	913	943	974	1004
31.	671		730		791		852	883		944		1005

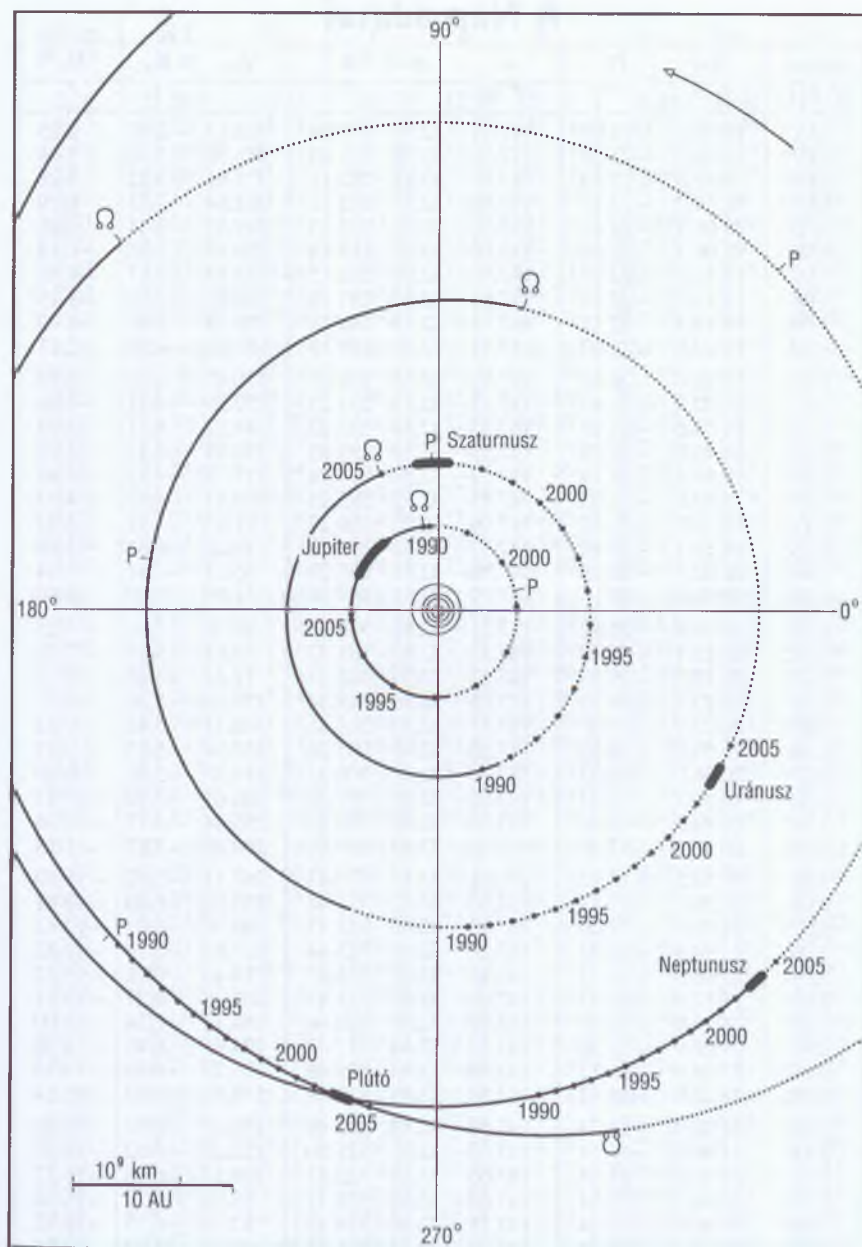
Julián-dátum tizednap

tizednap	UT		KÖZEI	NYISZ
	h m	h m	h m	h m
0.0	0 00	12 00	13 00	14 00
0.1	2 24	14 24	15 24	16 24
0.2	4 48	16 48	17 48	18 48
0.3	7 12	19 12	20 12	21 12
0.4	9 36	21 36	22 36	23 36
0.5	12 00	0 00	1 00	2 00
0.6	14 24	2 24	3 24	4 24
0.7	16 48	4 48	5 48	6 48
0.8	19 12	7 12	8 12	9 12
0.9	21 36	9 36	10 36	11 36

A bolygók elhelyezkedése a Nap körül



Az ábrák a bolygók Nap körüli mozgását mutatják az adott évben. A bolygópályáknak a földpálya síkjától északra lévő szakaszát folyamatos, a földpálya síkjától délre lévő szakaszát szaggatott vonal ábrázolja. *P* a pálya napközelpontja, *Ω* pedig a felszálló csomó (ahol a bolygó a Nap körüli keringése során — délről északra — áthalad a földpálya síkján). A Plútó esetében a leszálló csomó (*♁*) helyét tüntettük fel. Az 1–12 számok jelzik a Föld típusú bolygók helyzetét a megfelelő sorszámú hónap első napján, az évszámok pedig az óriásbolygók és a Plútó helyzetét az egyes évek kezdetén.



A Nap adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
1.01.	18 44.1	-23 03	147.11	32.53	280 08	302.15	-2.98	2.25
1.02.	18 48.5	-22 58	147.10	32.53	281 09	288.98	-3.10	1.76
1.03.	18 52.9	-22 53	147.10	32.53	282 11	275.81	-3.22	1.28
1.04.	18 57.3	-22 47	147.10	32.53	283 12	262.64	-3.33	0.79
1.05.	19 01.7	-22 41	147.10	32.53	284 13	249.47	-3.44	0.31
1.06.	19 06.1	-22 34	147.10	32.53	285 14	236.30	-3.56	-0.18
1.07.	19 10.5	-22 27	147.10	32.53	286 15	223.13	-3.67	-0.66
1.08.	19 14.9	-22 19	147.11	32.53	287 16	209.96	-3.78	-1.15
1.09.	19 19.3	-22 11	147.11	32.53	288 18	196.79	-3.89	-1.63
1.10.	19 23.6	-22 03	147.11	32.53	289 19	183.62	-4.00	-2.11
1.11.	19 28.0	-21 54	147.12	32.53	290 20	170.45	-4.10	-2.59
1.12.	19 32.3	-21 45	147.12	32.53	291 21	157.29	-4.21	-3.06
1.13.	19 36.6	-21 35	147.13	32.53	292 22	144.12	-4.31	-3.54
1.14.	19 41.0	-21 25	147.13	32.52	293 23	130.95	-4.42	-4.01
1.15.	19 45.3	-21 14	147.14	32.52	294 24	117.78	-4.52	-4.48
1.16.	19 49.6	-21 03	147.15	32.52	295 25	104.61	-4.62	-4.95
1.17.	19 53.8	-20 52	147.16	32.52	296 27	91.45	-4.72	-5.42
1.18.	19 58.1	-20 40	147.17	32.52	297 28	78.28	-4.81	-5.88
1.19.	20 02.4	-20 28	147.18	32.51	298 29	65.11	-4.91	-6.34
1.20.	20 06.6	-20 15	147.19	32.51	299 30	51.94	-5.00	-6.80
1.21.	20 10.9	-20 02	147.21	32.51	300 31	38.78	-5.10	-7.25
1.22.	20 15.1	-19 49	147.22	32.50	301 32	25.61	-5.19	-7.70
1.23.	20 19.3	-19 35	147.23	32.50	302 33	12.44	-5.28	-8.15
1.24.	20 23.5	-19 21	147.25	32.50	303 34	359.28	-5.36	-8.59
1.25.	20 27.7	-19 07	147.27	32.49	304 35	346.11	-5.45	-9.03
1.26.	20 31.9	-18 52	147.28	32.49	305 36	332.94	-5.53	-9.47
1.27.	20 36.0	-18 37	147.30	32.49	306 37	319.78	-5.62	-9.90
1.28.	20 40.2	-18 22	147.32	32.48	307 38	306.61	-5.70	-10.33
1.29.	20 44.3	-18 06	147.34	32.48	308 39	293.44	-5.77	-10.76
1.30.	20 48.4	-17 50	147.36	32.47	309 40	280.28	-5.85	-11.18
1.31.	20 52.5	-17 33	147.38	32.47	310 41	267.11	-5.93	-11.60
2.01.	20 56.6	-17 17	147.40	32.47	311 42	253.95	-6.00	-12.01
2.02.	21 00.7	-17 00	147.42	32.46	312 43	240.78	-6.07	-12.42
2.03.	21 04.8	-16 42	147.44	32.46	313 44	227.62	-6.14	-12.82
2.04.	21 08.8	-16 25	147.46	32.45	314 45	214.45	-6.21	-13.22
2.05.	21 12.9	-16 07	147.49	32.45	315 45	201.28	-6.27	-13.61
2.06.	21 16.9	-15 49	147.51	32.44	316 46	188.12	-6.34	-14.00
2.07.	21 20.9	-15 30	147.53	32.44	317 47	174.95	-6.40	-14.38
2.08.	21 24.9	-15 11	147.56	32.43	318 48	161.78	-6.46	-14.76
2.09.	21 28.9	-14 52	147.58	32.43	319 49	148.62	-6.52	-15.14
2.10.	21 32.9	-14 33	147.61	32.42	320 49	135.45	-6.57	-15.50
2.11.	21 36.8	-14 14	147.63	32.41	321 50	122.28	-6.62	-15.87
2.12.	21 40.8	-13 54	147.66	32.41	322 51	109.12	-6.68	-16.22
2.13.	21 44.7	-13 34	147.69	32.40	323 51	95.95	-6.72	-16.58
2.14.	21 48.6	-13 14	147.71	32.40	324 52	82.78	-6.77	-16.92
2.15.	21 52.5	-12 54	147.74	32.39	325 53	69.61	-6.82	-17.26

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
2.16.	21 56.4	-12 33	147.77	32.38	326 53	56.44	-6.86	-17.60
2.17.	22 00.3	-12 12	147.80	32.38	327 54	43.28	-6.90	-17.93
2.18.	22 04.2	-11 51	147.83	32.37	328 54	30.11	-6.94	-18.25
2.19.	22 08.0	-11 30	147.86	32.36	329 55	16.94	-6.97	-18.57
2.20.	22 11.9	-11 09	147.90	32.36	330 55	3.77	-7.01	-18.88
2.21.	22 15.7	-10 47	147.93	32.35	331 56	350.60	-7.04	-19.19
2.22.	22 19.5	-10 26	147.96	32.34	332 56	337.43	-7.07	-19.49
2.23.	22 23.4	-10 04	148.00	32.33	333 57	324.26	-7.10	-19.79
2.24.	22 27.2	-9 42	148.03	32.33	334 57	311.09	-7.12	-20.07
2.25.	22 31.0	-9 20	148.07	32.32	335 58	297.92	-7.14	-20.36
2.26.	22 34.8	-8 57	148.10	32.31	336 58	284.75	-7.17	-20.63
2.27.	22 38.5	-8 35	148.14	32.30	337 58	271.58	-7.18	-20.90
2.28.	22 42.3	-8 12	148.17	32.30	338 59	258.41	-7.20	-21.17
3.01.	22 46.1	-7 50	148.21	32.29	339 59	245.23	-7.21	-21.43
3.02.	22 49.8	-7 27	148.25	32.28	340 59	232.06	-7.23	-21.68
3.03.	22 53.6	-7 04	148.28	32.27	341 59	218.89	-7.24	-21.92
3.04.	22 57.3	-6 41	148.32	32.26	343 00	205.72	-7.24	-22.16
3.05.	23 01.0	-6 18	148.36	32.26	344 00	192.54	-7.25	-22.40
3.06.	23 04.7	-5 55	148.39	32.25	345 00	179.37	-7.25	-22.62
3.07.	23 08.5	-5 31	148.43	32.24	346 00	166.19	-7.25	-22.84
3.08.	23 12.2	-5 08	148.47	32.23	347 00	153.02	-7.25	-23.06
3.09.	23 15.9	-4 45	148.51	32.22	348 00	139.84	-7.25	-23.26
3.10.	23 19.6	-4 21	148.55	32.21	349 00	126.66	-7.24	-23.46
3.11.	23 23.2	-3 58	148.59	32.21	350 00	113.49	-7.23	-23.66
3.12.	23 26.9	-3 34	148.62	32.20	351 00	100.31	-7.22	-23.84
3.13.	23 30.6	-3 11	148.66	32.19	352 00	87.13	-7.21	-24.02
3.14.	23 34.3	-2 47	148.70	32.18	353 00	73.95	-7.19	-24.20
3.15.	23 37.9	-2 23	148.74	32.17	353 59	60.77	-7.18	-24.36
3.16.	23 41.6	-2 00	148.78	32.16	354 59	47.59	-7.16	-24.52
3.17.	23 45.3	-1 36	148.82	32.15	355 59	34.41	-7.14	-24.68
3.18.	23 48.9	-1 12	148.86	32.15	356 59	21.23	-7.11	-24.82
3.19.	23 52.6	-0 48	148.91	32.14	357 58	8.05	-7.09	-24.96
3.20.	23 56.2	-0 25	148.95	32.13	358 58	354.86	-7.06	-25.10
3.21.	23 59.8	-0 01	148.99	32.12	359 58	341.68	-7.03	-25.22
3.22.	0 03.5	+0 23	149.03	32.11	0 57	328.49	-7.00	-25.34
3.23.	0 07.1	+0 46	149.08	32.10	1 57	315.31	-6.96	-25.45
3.24.	0 10.8	+1 10	149.12	32.09	2 56	302.12	-6.93	-25.56
3.25.	0 14.4	+1 34	149.16	32.08	3 56	288.94	-6.89	-25.66
3.26.	0 18.1	+1 57	149.21	32.07	4 55	275.75	-6.85	-25.75
3.27.	0 21.7	+2 21	149.25	32.06	5 55	262.56	-6.81	-25.83
3.28.	0 25.3	+2 44	149.29	32.05	6 54	249.37	-6.76	-25.91
3.29.	0 29.0	+3 08	149.34	32.04	7 53	236.18	-6.72	-25.98
3.30.	0 32.6	+3 31	149.38	32.03	8 53	222.99	-6.67	-26.04
3.31.	0 36.3	+3 54	149.42	32.03	9 52	209.80	-6.62	-26.10
4.01.	0 39.9	+4 18	149.47	32.02	10 51	196.61	-6.57	-26.15
4.02.	0 43.6	+4 41	149.51	32.01	11 50	183.42	-6.51	-26.19
4.03.	0 47.2	+5 04	149.55	32.00	12 50	170.23	-6.46	-26.23
4.04.	0 50.9	+5 27	149.60	31.99	13 49	157.03	-6.40	-26.25

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ϕ ° '	λ ° '	L_N °	B_N °	P_N °
4.05.	0 54.5	+5 50	149.64	31.98	14 48	143.84	-6.34	-26.27
4.06.	0 58.2	+6 13	149.68	31.97	15 47	130.64	-6.28	-26.29
4.07.	1 01.8	+6 35	149.72	31.96	16 46	117.45	-6.21	-26.29
4.08.	1 05.5	+6 58	149.77	31.95	17 45	104.25	-6.15	-26.29
4.09.	1 09.1	+7 20	149.81	31.94	18 44	91.05	-6.08	-26.28
4.10.	1 12.8	+7 43	149.85	31.93	19 43	77.85	-6.01	-26.26
4.11.	1 16.5	+8 05	149.89	31.93	20 42	64.65	-5.94	-26.24
4.12.	1 20.2	+8 27	149.93	31.92	21 41	51.45	-5.87	-26.21
4.13.	1 23.8	+8 49	149.97	31.91	22 40	38.25	-5.80	-26.17
4.14.	1 27.5	+9 11	150.02	31.90	23 39	25.05	-5.72	-26.13
4.15.	1 31.2	+9 32	150.06	31.89	24 37	11.85	-5.64	-26.07
4.16.	1 34.9	+9 54	150.10	31.88	25 36	358.64	-5.57	-26.01
4.17.	1 38.6	+10 15	150.14	31.87	26 35	345.44	-5.49	-25.94
4.18.	1 42.3	+10 36	150.18	31.86	27 33	332.23	-5.40	-25.87
4.19.	1 46.0	+10 57	150.23	31.85	28 32	319.02	-5.32	-25.79
4.20.	1 49.8	+11 18	150.27	31.85	29 31	305.82	-5.24	-25.70
4.21.	1 53.5	+11 39	150.31	31.84	30 29	292.61	-5.15	-25.60
4.22.	1 57.2	+11 59	150.35	31.83	31 28	279.40	-5.06	-25.50
4.23.	2 01.0	+12 19	150.39	31.82	32 26	266.19	-4.97	-25.38
4.24.	2 04.7	+12 39	150.43	31.81	33 25	252.98	-4.88	-25.26
4.25.	2 08.5	+12 59	150.48	31.80	34 23	239.77	-4.79	-25.14
4.26.	2 12.3	+13 19	150.52	31.79	35 22	226.56	-4.70	-25.00
4.27.	2 16.0	+13 38	150.56	31.78	36 20	213.35	-4.60	-24.86
4.28.	2 19.8	+13 57	150.60	31.78	37 18	200.13	-4.51	-24.71
4.29.	2 23.6	+14 16	150.64	31.77	38 17	186.92	-4.41	-24.56
4.30.	2 27.4	+14 35	150.68	31.76	39 15	173.70	-4.31	-24.39
5.01.	2 31.2	+14 53	150.71	31.75	40 13	160.49	-4.21	-24.22
5.02.	2 35.1	+15 11	150.75	31.74	41 12	147.27	-4.11	-24.05
5.03.	2 38.9	+15 29	150.79	31.74	42 10	134.06	-4.01	-23.86
5.04.	2 42.7	+15 47	150.83	31.73	43 08	120.84	-3.91	-23.67
5.05.	2 46.6	+16 04	150.86	31.72	44 06	107.62	-3.80	-23.47
5.06.	2 50.4	+16 21	150.90	31.71	45 04	94.40	-3.70	-23.26
5.07.	2 54.3	+16 38	150.93	31.70	46 03	81.18	-3.59	-23.05
5.08.	2 58.2	+16 55	150.97	31.70	47 01	67.96	-3.49	-22.83
5.09.	3 02.1	+17 11	151.00	31.69	47 59	54.74	-3.38	-22.60
5.10.	3 06.0	+17 27	151.04	31.68	48 57	41.52	-3.27	-22.37
5.11.	3 09.9	+17 43	151.07	31.68	49 55	28.30	-3.16	-22.13
5.12.	3 13.8	+17 59	151.11	31.67	50 53	15.07	-3.05	-21.88
5.13.	3 17.7	+18 14	151.14	31.66	51 51	1.85	-2.94	-21.63
5.14.	3 21.6	+18 28	151.17	31.66	52 48	348.62	-2.83	-21.37
5.15.	3 25.6	+18 43	151.20	31.65	53 46	335.40	-2.71	-21.10
5.16.	3 29.5	+18 57	151.24	31.64	54 44	322.17	-2.60	-20.82
5.17.	3 33.5	+19 11	151.27	31.64	55 42	308.95	-2.49	-20.54
5.18.	3 37.4	+19 25	151.30	31.63	56 40	295.72	-2.37	-20.26
5.19.	3 41.4	+19 38	151.33	31.62	57 38	282.49	-2.26	-19.96
5.20.	3 45.4	+19 51	151.36	31.62	58 35	269.26	-2.14	-19.66
5.21.	3 49.4	+20 03	151.39	31.61	59 33	256.03	-2.02	-19.36
5.22.	3 53.4	+20 16	151.42	31.60	60 31	242.80	-1.91	-19.04

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
5.23.	3 57.4	+20 27	151.45	31.60	61 28	229.58	-1.79	-18.72
5.24.	4 01.5	+20 39	151.48	31.59	62 26	216.35	-1.67	-18.40
5.25.	4 05.5	+20 50	151.51	31.58	63 24	203.12	-1.55	-18.07
5.26.	4 09.5	+21 01	151.54	31.58	64 21	189.88	-1.43	-17.73
5.27.	4 13.6	+21 11	151.57	31.57	65 19	176.65	-1.32	-17.39
5.28.	4 17.6	+21 21	151.59	31.57	66 17	163.42	-1.20	-17.04
5.29.	4 21.7	+21 31	151.62	31.56	67 14	150.19	-1.08	-16.69
5.30.	4 25.8	+21 40	151.64	31.56	68 12	136.96	-0.96	-16.33
5.31.	4 29.9	+21 49	151.67	31.55	69 09	123.73	-0.84	-15.97
6.01.	4 33.9	+21 58	151.69	31.55	70 07	110.49	-0.72	-15.60
6.02.	4 38.0	+22 06	151.71	31.54	71 05	97.26	-0.60	-15.23
6.03.	4 42.1	+22 14	151.74	31.54	72 02	84.03	-0.48	-14.85
6.04.	4 46.2	+22 21	151.76	31.53	73 00	70.79	-0.35	-14.47
6.05.	4 50.4	+22 29	151.78	31.53	73 57	57.56	-0.23	-14.08
6.06.	4 54.5	+22 35	151.80	31.52	74 54	44.32	-0.11	-13.69
6.07.	4 58.6	+22 41	151.82	31.52	75 52	31.09	0.01	-13.29
6.08.	5 02.7	+22 47	151.83	31.52	76 49	17.85	0.13	-12.89
6.09.	5 06.9	+22 53	151.85	31.51	77 47	4.62	0.25	-12.49
6.10.	5 11.0	+22 58	151.87	31.51	78 44	351.38	0.37	-12.08
6.11.	5 15.1	+23 02	151.89	31.51	79 41	338.15	0.49	-11.67
6.12.	5 19.3	+23 07	151.90	31.50	80 39	324.91	0.61	-11.26
6.13.	5 23.4	+23 10	151.92	31.50	81 36	311.67	0.73	-10.84
6.14.	5 27.6	+23 14	151.93	31.50	82 33	298.44	0.85	-10.41
6.15.	5 31.7	+23 17	151.95	31.49	83 31	285.20	0.97	-9.99
6.16.	5 35.9	+23 19	151.96	31.49	84 28	271.96	1.09	-9.56
6.17.	5 40.0	+23 22	151.97	31.49	85 25	258.72	1.21	-9.13
6.18.	5 44.2	+23 23	151.99	31.49	86 22	245.49	1.33	-8.70
6.19.	5 48.4	+23 25	152.00	31.48	87 20	232.25	1.45	-8.26
6.20.	5 52.5	+23 26	152.01	31.48	88 17	219.01	1.56	-7.82
6.21.	5 56.7	+23 26	152.02	31.48	89 14	205.78	1.68	-7.38
6.22.	6 00.8	+23 26	152.03	31.48	90 12	192.54	1.80	-6.94
6.23.	6 05.0	+23 26	152.04	31.47	91 09	179.30	1.91	-6.50
6.24.	6 09.2	+23 25	152.05	31.47	92 06	166.07	2.03	-6.05
6.25.	6 13.3	+23 24	152.06	31.47	93 03	152.83	2.15	-5.60
6.26.	6 17.5	+23 23	152.07	31.47	94 00	139.59	2.26	-5.15
6.27.	6 21.6	+23 21	152.08	31.47	94 58	126.36	2.37	-4.70
6.28.	6 25.8	+23 18	152.08	31.47	95 55	113.12	2.49	-4.25
6.29.	6 29.9	+23 16	152.09	31.46	96 52	99.88	2.60	-3.80
6.30.	6 34.1	+23 13	152.09	31.46	97 49	86.65	2.71	-3.35
7.01.	6 38.2	+23 09	152.10	31.46	98 47	73.41	2.82	-2.89
7.02.	6 42.4	+23 05	152.10	31.46	99 44	60.17	2.93	-2.44
7.03.	6 46.5	+23 01	152.10	31.46	100 41	46.94	3.04	-1.99
7.04.	6 50.6	+22 56	152.10	31.46	101 38	33.70	3.15	-1.53
7.05.	6 54.7	+22 51	152.10	31.46	102 36	20.47	3.26	-1.08
7.06.	6 58.9	+22 45	152.10	31.46	103 33	7.23	3.37	-0.62
7.07.	7 03.0	+22 39	152.10	31.46	104 30	354.00	3.48	-0.17
7.08.	7 07.1	+22 33	152.09	31.46	105 27	340.76	3.58	0.28
7.09.	7 11.2	+22 26	152.09	31.46	106 24	327.53	3.68	0.73

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	ø ' "	λ ° ' "	L _N °	B _N °	P _N °
7.10.	7 15.3	+22 19	152.09	31.46	107 22	314.29	3.79	1.18
7.11.	7 19.3	+22 11	152.08	31.47	108 19	301.06	3.89	1.64
7.12.	7 23.4	+22 03	152.08	31.47	109 16	287.82	3.99	2.08
7.13.	7 27.5	+21 55	152.07	31.47	110 13	274.59	4.09	2.53
7.14.	7 31.6	+21 46	152.07	31.47	111 10	261.36	4.19	2.98
7.15.	7 35.6	+21 37	152.06	31.47	112 08	248.12	4.29	3.42
7.16.	7 39.6	+21 28	152.05	31.47	113 05	234.89	4.38	3.87
7.17.	7 43.7	+21 18	152.05	31.47	114 02	221.66	4.48	4.31
7.18.	7 47.7	+21 08	152.04	31.47	114 59	208.42	4.57	4.75
7.19.	7 51.7	+20 58	152.03	31.48	115 56	195.19	4.67	5.19
7.20.	7 55.7	+20 47	152.02	31.48	116 54	181.96	4.76	5.62
7.21.	7 59.7	+20 36	152.01	31.48	117 51	168.73	4.85	6.05
7.22.	8 03.7	+20 24	152.00	31.48	118 48	155.50	4.94	6.48
7.23.	8 07.7	+20 12	151.99	31.48	119 46	142.27	5.03	6.91
7.24.	8 11.7	+20 00	151.98	31.49	120 43	129.04	5.11	7.34
7.25.	8 15.7	+19 47	151.96	31.49	121 40	115.81	5.20	7.76
7.26.	8 19.6	+19 34	151.95	31.49	122 37	102.58	5.28	8.18
7.27.	8 23.6	+19 21	151.94	31.50	123 35	89.35	5.36	8.60
7.28.	8 27.5	+19 08	151.92	31.50	124 32	76.12	5.44	9.01
7.29.	8 31.4	+18 54	151.91	31.50	125 30	62.90	5.52	9.43
7.30.	8 35.3	+18 40	151.89	31.51	126 27	49.67	5.60	9.83
7.31.	8 39.2	+18 25	151.87	31.51	127 24	36.44	5.68	10.24
8.01.	8 43.1	+18 10	151.85	31.51	128 22	23.22	5.75	10.64
8.02.	8 47.0	+17 55	151.83	31.52	129 19	9.99	5.82	11.04
8.03.	8 50.9	+17 40	151.81	31.52	130 17	356.77	5.90	11.43
8.04.	8 54.8	+17 24	151.79	31.53	131 14	343.54	5.97	11.82
8.05.	8 58.6	+17 08	151.77	31.53	132 11	330.32	6.03	12.21
8.06.	9 02.5	+16 52	151.75	31.53	133 09	317.10	6.10	12.59
8.07.	9 06.3	+16 36	151.73	31.54	134 06	303.87	6.17	12.97
8.08.	9 10.1	+16 19	151.70	31.54	135 04	290.65	6.23	13.34
8.09.	9 13.9	+16 02	151.68	31.55	136 01	277.43	6.29	13.71
8.10.	9 17.7	+15 45	151.65	31.55	136 59	264.21	6.35	14.08
8.11.	9 21.5	+15 27	151.63	31.56	137 56	250.98	6.41	14.44
8.12.	9 25.3	+15 10	151.60	31.56	138 54	237.76	6.46	14.80
8.13.	9 29.1	+14 52	151.58	31.57	139 51	224.54	6.52	15.15
8.14.	9 32.8	+14 33	151.55	31.58	140 49	211.32	6.57	15.50
8.15.	9 36.6	+14 15	151.53	31.58	141 47	198.10	6.62	15.85
8.16.	9 40.3	+13 56	151.50	31.59	142 44	184.88	6.67	16.19
8.17.	9 44.1	+13 37	151.47	31.59	143 42	171.67	6.72	16.52
8.18.	9 47.8	+13 18	151.44	31.60	144 40	158.45	6.76	16.85
8.19.	9 51.5	+12 59	151.42	31.60	145 37	145.23	6.80	17.18
8.20.	9 55.2	+12 39	151.39	31.61	146 35	132.02	6.85	17.50
8.21.	9 59.0	+12 20	151.36	31.62	147 33	118.80	6.88	17.81
8.22.	10 02.7	+12 00	151.33	31.62	148 31	105.58	6.92	18.13
8.23.	10 06.3	+11 39	151.30	31.63	149 28	92.37	6.96	18.43
8.24.	10 10.0	+11 19	151.27	31.63	150 26	79.16	6.99	18.73
8.25.	10 13.7	+10 59	151.24	31.64	151 24	65.94	7.02	19.03
8.26.	10 17.4	+10 38	151.21	31.65	152 22	52.73	7.05	19.32

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
8.27.	10 21.0	+10 17	151.17	31.65	153 20	39.52	7.08	19.61
8.28.	10 24.7	+9 56	151.14	31.66	154 18	26.31	7.11	19.89
8.29.	10 28.3	+9 35	151.11	31.67	155 16	13.10	7.13	20.16
8.30.	10 32.0	+9 14	151.07	31.68	156 14	359.88	7.15	20.43
8.31.	10 35.6	+8 52	151.04	31.68	157 12	346.67	7.17	20.70
9.01.	10 39.3	+8 31	151.00	31.69	158 10	333.46	7.19	20.95
9.02.	10 42.9	+8 09	150.96	31.70	159 08	320.26	7.20	21.21
9.03.	10 46.5	+7 47	150.93	31.71	160 06	307.05	7.22	21.46
9.04.	10 50.1	+7 25	150.89	31.71	161 04	293.84	7.23	21.70
9.05.	10 53.7	+7 03	150.85	31.72	162 02	280.63	7.24	21.93
9.06.	10 57.3	+6 41	150.81	31.73	163 00	267.42	7.24	22.17
9.07.	11 01.0	+6 18	150.78	31.74	163 59	254.22	7.25	22.39
9.08.	11 04.6	+5 56	150.74	31.75	164 57	241.01	7.25	22.61
9.09.	11 08.2	+5 33	150.70	31.75	165 55	227.80	7.25	22.82
9.10.	11 11.7	+5 11	150.66	31.76	166 53	214.60	7.25	23.03
9.11.	11 15.3	+4 48	150.62	31.77	167 52	201.39	7.25	23.23
9.12.	11 18.9	+4 25	150.58	31.78	168 50	188.19	7.24	23.43
9.13.	11 22.5	+4 02	150.54	31.79	169 48	174.98	7.23	23.62
9.14.	11 26.1	+3 39	150.50	31.80	170 47	161.78	7.22	23.80
9.15.	11 29.7	+3 16	150.46	31.80	171 45	148.58	7.21	23.98
9.16.	11 33.3	+2 53	150.42	31.81	172 43	135.38	7.20	24.15
9.17.	11 36.9	+2 30	150.39	31.82	173 42	122.17	7.18	24.32
9.18.	11 40.4	+2 07	150.35	31.83	174 40	108.97	7.16	24.47
9.19.	11 44.0	+1 44	150.31	31.84	175 39	95.77	7.14	24.63
9.20.	11 47.6	+1 20	150.27	31.85	176 38	82.57	7.12	24.77
9.21.	11 51.2	+0 57	150.22	31.85	177 36	69.37	7.10	24.91
9.22.	11 54.8	+0 34	150.18	31.86	178 35	56.17	7.07	25.05
9.23.	11 58.4	+0 10	150.14	31.87	179 34	42.97	7.04	25.17
9.24.	12 02.0	−0 13	150.10	31.88	180 32	29.77	7.01	25.29
9.25.	12 05.6	−0 36	150.06	31.89	181 31	16.58	6.98	25.41
9.26.	12 09.2	−1 00	150.02	31.90	182 30	3.38	6.94	25.51
9.27.	12 12.8	−1 23	149.98	31.91	183 29	350.18	6.91	25.61
9.28.	12 16.4	−1 46	149.93	31.92	184 28	336.98	6.87	25.71
9.29.	12 20.0	−2 10	149.89	31.93	185 27	323.79	6.83	25.79
9.30.	12 23.6	−2 33	149.85	31.94	186 26	310.59	6.79	25.87
10.01.	12 27.2	−2 56	149.80	31.94	187 24	297.40	6.74	25.95
10.02.	12 30.8	−3 20	149.76	31.95	188 23	284.20	6.69	26.01
10.03.	12 34.5	−3 43	149.71	31.96	189 22	271.00	6.64	26.07
10.04.	12 38.1	−4 06	149.67	31.97	190 22	257.81	6.59	26.13
10.05.	12 41.7	−4 29	149.63	31.98	191 21	244.61	6.54	26.17
10.06.	12 45.4	−4 52	149.58	31.99	192 20	231.42	6.49	26.21
10.07.	12 49.0	−5 15	149.54	32.00	193 19	218.23	6.43	26.24
10.08.	12 52.7	−5 38	149.50	32.01	194 18	205.03	6.37	26.26
10.09.	12 56.3	−6 01	149.45	32.02	195 17	191.84	6.31	26.28
10.10.	13 00.0	−6 24	149.41	32.03	196 16	178.65	6.25	26.29
10.11.	13 03.7	−6 47	149.37	32.04	197 16	165.45	6.18	26.29
10.12.	13 07.3	−7 09	149.32	32.05	198 15	152.26	6.12	26.29
10.13.	13 11.0	−7 32	149.28	32.06	199 14	139.07	6.05	26.27

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	r 10 ⁶ km	ø '	λ °	L _N °	B _N °	P _N °
10.14.	13 14.7	-7 54	149.24	32.06	200 14	125.88	5.98	26.25
10.15.	13 18.4	-8 17	149.20	32.07	201 13	112.68	5.90	26.22
10.16.	13 22.1	-8 39	149.16	32.08	202 13	99.49	5.83	26.19
10.17.	13 25.9	-9 01	149.11	32.09	203 12	86.30	5.76	26.15
10.18.	13 29.6	-9 23	149.07	32.10	204 12	73.11	5.68	26.10
10.19.	13 33.4	-9 45	149.03	32.11	205 11	59.92	5.60	26.04
10.20.	13 37.1	-10 06	148.99	32.12	206 11	46.73	5.52	25.97
10.21.	13 40.9	-10 28	148.95	32.13	207 10	33.54	5.44	25.90
10.22.	13 44.7	-10 49	148.91	32.14	208 10	20.35	5.35	25.82
10.23.	13 48.5	-11 11	148.87	32.14	209 10	7.17	5.27	25.73
10.24.	13 52.3	-11 32	148.83	32.15	210 10	353.98	5.18	25.63
10.25.	13 56.1	-11 53	148.79	32.16	211 09	340.79	5.09	25.53
10.26.	13 59.9	-12 13	148.75	32.17	212 09	327.60	5.00	25.42
10.27.	14 03.7	-12 34	148.71	32.18	213 09	314.41	4.91	25.30
10.28.	14 07.6	-12 54	148.66	32.19	214 09	301.23	4.81	25.17
10.29.	14 11.4	-13 14	148.62	32.20	215 09	288.04	4.72	25.03
10.30.	14 15.3	-13 34	148.58	32.21	216 09	274.85	4.62	24.89
10.31.	14 19.2	-13 54	148.54	32.22	217 09	261.67	4.52	24.74
11.01.	14 23.1	-14 13	148.50	32.22	218 09	248.48	4.42	24.58
11.02.	14 27.0	-14 33	148.46	32.23	219 09	235.29	4.32	24.41
11.03.	14 30.9	-14 52	148.42	32.24	220 09	222.11	4.22	24.24
11.04.	14 34.9	-15 10	148.39	32.25	221 09	208.92	4.12	24.06
11.05.	14 38.8	-15 29	148.35	32.26	222 09	195.74	4.01	23.86
11.06.	14 42.8	-15 47	148.31	32.27	223 09	182.55	3.91	23.67
11.07.	14 46.8	-16 05	148.27	32.27	224 09	169.37	3.80	23.46
11.08.	14 50.8	-16 23	148.23	32.28	225 09	156.18	3.69	23.25
11.09.	14 54.8	-16 40	148.20	32.29	226 10	143.00	3.58	23.02
11.10.	14 58.8	-16 58	148.16	32.30	227 10	129.81	3.47	22.80
11.11.	15 02.8	-17 15	148.13	32.31	228 10	116.63	3.36	22.56
11.12.	15 06.9	-17 31	148.09	32.31	229 11	103.44	3.24	22.31
11.13.	15 11.0	-17 47	148.06	32.32	230 11	90.26	3.13	22.06
11.14.	15 15.0	-18 03	148.03	32.33	231 11	77.07	3.01	21.80
11.15.	15 19.1	-18 19	147.99	32.34	232 12	63.89	2.90	21.53
11.16.	15 23.2	-18 34	147.96	32.34	233 12	50.71	2.78	21.26
11.17.	15 27.4	-18 49	147.93	32.35	234 12	37.53	2.66	20.97
11.18.	15 31.5	-19 04	147.90	32.36	235 13	24.34	2.54	20.68
11.19.	15 35.6	-19 19	147.87	32.36	236 13	11.16	2.42	20.39
11.20.	15 39.8	-19 33	147.84	32.37	237 14	357.98	2.30	20.08
11.21.	15 44.0	-19 46	147.81	32.38	238 15	344.80	2.18	19.77
11.22.	15 48.2	-19 59	147.78	32.38	239 15	331.62	2.06	19.45
11.23.	15 52.4	-20 12	147.75	32.39	240 16	318.44	1.94	19.12
11.24.	15 56.6	-20 25	147.72	32.39	241 17	305.26	1.81	18.79
11.25.	16 00.8	-20 37	147.69	32.40	242 17	292.08	1.69	18.45
11.26.	16 05.1	-20 49	147.66	32.41	243 18	278.90	1.57	18.10
11.27.	16 09.3	-21 00	147.64	32.41	244 19	265.72	1.44	17.75
11.28.	16 13.6	-21 11	147.61	32.42	245 19	252.54	1.32	17.39
11.29.	16 17.9	-21 22	147.58	32.43	246 20	239.36	1.19	17.02
11.30.	16 22.2	-21 32	147.55	32.43	247 21	226.18	1.06	16.65

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	r 10 ⁶ km	ø "	λ °	L _N °	B _N °	P _N °
12.01.	16 26.5	-21 42	147.53	32.44	248 22	213.00	0.94	16.27
12.02.	16 30.8	-21 51	147.50	32.44	249 23	199.82	0.81	15.89
12.03.	16 35.1	-22 00	147.48	32.45	250 23	186.64	0.68	15.50
12.04.	16 39.4	-22 09	147.46	32.45	251 24	173.46	0.56	15.10
12.05.	16 43.8	-22 17	147.43	32.46	252 25	160.29	0.43	14.70
12.06.	16 48.1	-22 25	147.41	32.46	253 26	147.11	0.30	14.29
12.07.	16 52.5	-22 32	147.39	32.47	254 27	133.93	0.17	13.88
12.08.	16 56.9	-22 39	147.37	32.47	255 28	120.75	0.04	13.46
12.09.	17 01.2	-22 45	147.35	32.48	256 29	107.57	-0.08	13.04
12.10.	17 05.6	-22 51	147.33	32.48	257 30	94.40	-0.21	12.61
12.11.	17 10.0	-22 57	147.31	32.48	258 31	81.22	-0.34	12.18
12.12.	17 14.4	-23 02	147.30	32.49	259 31	68.04	-0.47	11.74
12.13.	17 18.8	-23 06	147.28	32.49	260 32	54.87	-0.60	11.30
12.14.	17 23.2	-23 10	147.26	32.49	261 33	41.69	-0.72	10.86
12.15.	17 27.7	-23 14	147.25	32.50	262 34	28.52	-0.85	10.41
12.16.	17 32.1	-23 17	147.24	32.50	263 35	15.34	-0.98	9.95
12.17.	17 36.5	-23 20	147.22	32.50	264 37	2.17	-1.11	9.50
12.18.	17 40.9	-23 22	147.21	32.51	265 38	348.99	-1.23	9.04
12.19.	17 45.4	-23 24	147.20	32.51	266 39	335.82	-1.36	8.57
12.20.	17 49.8	-23 25	147.19	32.51	267 40	322.64	-1.49	8.11
12.21.	17 54.3	-23 26	147.18	32.51	268 41	309.47	-1.61	7.64
12.22.	17 58.7	-23 26	147.17	32.52	269 42	296.30	-1.74	7.17
12.23.	18 03.1	-23 26	147.16	32.52	270 43	283.13	-1.86	6.70
12.24.	18 07.6	-23 26	147.15	32.52	271 44	269.95	-1.99	6.22
12.25.	18 12.0	-23 25	147.14	32.52	272 45	256.78	-2.11	5.74
12.26.	18 16.5	-23 23	147.13	32.52	273 47	243.61	-2.23	5.26
12.27.	18 20.9	-23 21	147.13	32.53	274 48	230.44	-2.35	4.78
12.28.	18 25.3	-23 19	147.12	32.53	275 49	217.27	-2.48	4.30
12.29.	18 29.8	-23 16	147.11	32.53	276 50	204.09	-2.60	3.82
12.30.	18 34.2	-23 12	147.11	32.53	277 51	190.92	-2.72	3.33
12.31.	18 38.6	-23 09	147.10	32.53	278 52	177.75	-2.83	2.85

A Föld napközében: 1.04.05^hA Föld naptávolban: 7.04.06^h

A Carrington-rotációk kezdete

sorszám	hónap	nap	sorszám	hónap	nap
1999.	1.	23.945	2006.	8.	2.756
2000.	2.	20.286	2007.	8.	29.991
2001.	3.	19.610	2008.	9.	26.256
2002.	4.	15.897	2009.	10.	23.544
2003.	5.	13.140	2010.	11.	19.847
2004.	6.	9.349	2011.	12.	17.164
2005.	7.	6.547			

A Hold adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing "	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
1.01.	16 59.0	-23 23	369 800	32.32	0.044	242.89	2.94	0.97	4.50
1.02.	18 00.8	-25 22	372 300	32.10	0.009	255.07	3.87	2.58	-1.47
1.03.	19 02.7	-25 43	375 800	31.80	0.001	267.26	4.61	4.02	-7.39
1.04.	20 02.9	-24 28	380 000	31.44	0.017	279.45	5.11	5.19	-12.71
1.05.	20 59.9	-21 52	384 800	31.05	0.056	291.64	5.31	6.05	-17.03
1.06.	21 52.9	-18 12	389 800	30.66	0.113	303.83	5.18	6.58	-20.16
1.07.	22 42.3	-13 48	394 400	30.29	0.185	316.01	4.73	6.76	-22.10
1.08.	23 28.5	-8 55	398 500	29.99	0.267	328.18	3.98	6.63	-22.94
1.09.	0 12.6	-3 48	401 700	29.75	0.356	340.35	2.96	6.20	-22.82
1.10.	0 55.6	+1 22	403 600	29.60	0.449	352.52	1.75	5.50	-21.83
1.11.	1 38.5	+6 28	404 300	29.55	0.544	4.68	0.41	4.58	-20.06
1.12.	2 22.2	+11 20	403 700	29.60	0.636	16.83	-0.95	3.46	-17.54
1.13.	3 07.7	+15 49	401 900	29.73	0.724	28.98	-2.25	2.19	-14.29
1.14.	3 55.8	+19 44	398 900	29.95	0.806	41.12	-3.41	0.81	-10.29
1.15.	4 46.0	+22 52	395 200	30.24	0.877	53.26	-4.34	-0.62	-5.62
1.16.	5 41.4	+24 57	390 900	30.57	0.935	65.39	-5.00	-2.06	-0.38
1.17.	6 38.5	+25 47	386 500	30.92	0.976	77.52	-5.32	-3.42	5.13
1.18.	7 37.0	+25 11	382 200	31.27	0.997	89.65	-5.29	-4.63	10.52
1.19.	8 35.6	+23 07	378 300	31.58	0.995	101.77	-4.93	-5.61	15.31
1.20.	9 32.9	+19 40	375 100	31.85	0.969	113.90	-4.28	-6.28	19.11
1.21.	10 28.2	+15 04	372 700	32.06	0.920	126.03	-3.41	-6.58	21.66
1.22.	11 21.4	+9 37	371 100	32.20	0.848	138.16	-2.41	-6.49	22.89
1.23.	12 13.1	+3 38	370 200	32.28	0.758	150.30	-1.35	-5.99	22.82
1.24.	13 04.2	-2 32	369 900	32.31	0.654	162.45	-0.31	-5.12	21.55
1.25.	13 55.7	-8 34	370 200	32.28	0.542	174.60	0.68	-3.94	19.17
1.26.	14 48.6	-14 08	370 900	32.21	0.428	186.76	1.57	-2.52	15.74
1.27.	15 43.8	-18 57	372 100	32.11	0.319	198.93	2.36	-0.96	11.36
1.28.	16 41.4	-22 39	373 700	31.97	0.219	211.10	3.06	0.66	6.18
1.29.	17 41.1	-25 01	375 800	31.80	0.135	223.28	3.65	2.22	0.45
1.30.	18 41.7	-25 50	378 400	31.58	0.069	235.47	4.12	3.64	-5.40
1.31.	19 41.6	-25 06	381 500	31.33	0.025	247.65	4.45	4.83	-10.87
2.01.	20 39.1	-22 56	384 900	31.04	0.004	259.85	4.61	5.75	-15.52
2.02.	21 33.4	-19 36	388 700	30.74	0.005	272.04	4.56	6.35	-19.08
2.03.	22 24.1	-15 23	392 600	30.43	0.028	284.23	4.26	6.61	-21.46
2.04.	23 11.7	-10 35	396 400	30.14	0.069	296.42	3.70	6.54	-22.70
2.05.	23 56.8	-5 28	399 700	29.89	0.126	308.61	2.88	6.17	-22.92
2.06.	0 40.4	-0 14	402 400	29.70	0.197	320.80	1.83	5.53	-22.24
2.07.	1 23.4	+4 58	404 000	29.58	0.277	332.98	0.59	4.66	-20.73
2.08.	2 06.8	+9 56	404 500	29.54	0.365	345.15	-0.76	3.59	-18.48
2.09.	2 51.4	+14 33	403 800	29.59	0.457	357.32	-2.15	2.37	-15.50
2.10.	3 38.1	+18 39	401 700	29.74	0.552	9.48	-3.49	1.04	-11.81
2.11.	4 27.6	+22 02	398 500	29.99	0.646	21.64	-4.67	-0.34	-7.43
2.12.	5 20.2	+24 29	394 200	30.31	0.736	33.79	-5.60	-1.74	-2.45
2.13.	6 15.8	+25 46	389 200	30.70	0.820	45.94	-6.20	-3.08	2.93
2.14.	7 13.6	+25 43	383 800	31.14	0.892	58.08	-6.39	-4.31	8.39
2.15.	8 12.4	+24 10	378 400	31.58	0.949	70.22	-6.15	-5.33	13.47

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ϕ °	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
2.16.	9 10.8	+21 09	373 500	31.99	0.985	82.36	-5.47	-6.08	17.73
2.17.	10 07.8	+16 50	369 500	32.34	0.998	94.49	-4.42	-6.46	20.82
2.18.	11 02.0	+11 28	366 700	32.59	0.984	106.62	-3.09	-6.45	22.57
2.19.	11 56.6	+5 24	365 100	32.73	0.944	118.76	-1.61	-6.01	22.94
2.20.	12 49.3	-0 58	364 900	32.75	0.878	130.90	-0.12	-5.17	22.00
2.21.	13 42.0	-7 16	365 900	32.66	0.792	143.04	1.28	-4.00	19.87
2.22.	14 35.7	-13 08	367 800	32.49	0.690	155.19	2.49	-2.58	16.64
2.23.	15 30.9	-18 12	370 400	32.26	0.580	167.35	3.46	-1.02	12.44
2.24.	16 28.2	-22 11	373 500	32.00	0.467	179.52	4.21	0.58	7.41
2.25.	17 27.2	-24 50	376 800	31.72	0.358	191.69	4.72	2.13	1.81
2.26.	18 26.0	-25 58	380 200	31.43	0.258	203.87	5.03	3.53	-3.97
2.27.	19 26.1	-25 35	383 600	31.15	0.171	216.06	5.15	4.72	-9.48
2.28.	20 23.3	-23 46	387 000	30.88	0.100	228.25	5.11	5.64	-14.29
3.01.	21 17.6	-20 45	390 400	30.61	0.047	240.45	4.90	6.26	-18.11
3.02.	22 08.6	-16 46	393 600	30.36	0.014	252.65	4.51	6.56	-20.81
3.03.	22 56.6	-12 07	396 800	30.12	0.002	264.86	3.93	6.53	-22.38
3.04.	23 42.2	-7 03	399 600	29.90	0.010	277.06	3.15	6.20	-22.91
3.05.	0 26.2	-1 46	402 100	29.72	0.036	289.26	2.18	5.59	-22.51
3.06.	1 09.4	+3 30	404 000	29.58	0.079	301.47	1.02	4.73	-21.27
3.07.	1 52.6	+8 36	405 100	29.50	0.137	313.67	-0.28	3.68	-19.26
3.08.	2 36.7	+13 23	405 300	29.48	0.207	325.86	-1.67	2.48	-16.53
3.09.	3 22.5	+17 39	404 400	29.55	0.288	338.05	-3.09	1.17	-13.09
3.10.	4 10.6	+21 16	402 300	29.70	0.377	350.24	-4.46	-0.20	-8.98
3.11.	5 01.4	+24 01	399 100	29.94	0.472	2.42	-5.67	-1.57	-4.26
3.12.	5 54.0	+25 42	394 700	30.28	0.570	14.60	-6.64	-2.89	0.91
3.13.	6 50.9	+26 08	389 400	30.69	0.667	26.76	-7.27	-4.12	6.27
3.14.	7 48.4	+25 10	383 500	31.16	0.761	38.93	-7.48	-5.16	11.45
3.15.	8 46.1	+22 46	377 300	31.67	0.846	51.09	-7.20	-5.97	16.02
3.16.	9 43.3	+18 57	371 500	32.17	0.917	63.24	-6.44	-6.45	19.61
3.17.	10 39.2	+13 57	366 400	32.61	0.969	75.39	-5.21	-6.54	21.94
3.18.	11 33.9	+8 01	362 600	32.95	0.995	87.53	-3.62	-6.21	22.91
3.19.	12 27.0	+1 32	360 400	33.16	0.994	99.68	-1.80	-5.44	22.50
3.20.	13 22.0	-5 05	359 900	33.21	0.963	111.83	0.08	-4.30	20.78
3.21.	14 17.0	-11 24	361 000	33.10	0.905	123.98	1.86	-2.85	17.85
3.22.	15 13.7	-16 59	363 700	32.86	0.824	136.14	3.41	-1.23	13.82
3.23.	16 12.2	-21 29	367 500	32.52	0.727	148.30	4.67	0.44	8.87
3.24.	17 12.4	-24 34	372 000	32.12	0.620	160.47	5.58	2.05	3.25
3.25.	18 13.2	-26 06	376 900	31.71	0.510	172.65	6.15	3.51	-2.62
3.26.	19 13.1	-26 02	381 700	31.30	0.402	184.84	6.41	4.73	-8.27
3.27.	20 10.8	-24 30	386 400	30.93	0.301	197.03	6.39	5.68	-13.27
3.28.	21 05.4	-21 42	390 600	30.59	0.211	209.23	6.12	6.32	-17.30
3.29.	21 56.6	-17 56	394 400	30.30	0.135	221.44	5.63	6.64	-20.23
3.30.	22 44.7	-13 26	397 700	30.05	0.075	233.65	4.95	6.64	-22.05
3.31.	23 30.3	-8 27	400 500	29.84	0.032	245.86	4.09	6.33	-22.83
4.01.	0 14.2	-3 13	402 800	29.67	0.007	258.08	3.08	5.74	-22.68
4.02.	0 57.2	+2 06	404 500	29.54	0.001	270.30	1.92	4.90	-21.67
4.03.	1 40.3	+7 18	405 700	29.46	0.014	282.52	0.64	3.86	-19.88
4.04.	2 24.0	+12 13	406 200	29.42	0.043	294.74	-0.74	2.65	-17.36

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	φ °	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
4.05.	3 09.2	+16 41	405 900	29.44	0.089	306.96	-2.16	1.33	-14.13
4.06.	3 56.5	+20 31	404 800	29.52	0.150	319.17	-3.58	-0.04	-10.22
4.07.	4 46.3	+23 32	402 700	29.67	0.224	331.38	-4.93	-1.43	-5.70
4.08.	5 38.5	+25 33	399 600	29.90	0.309	343.59	-6.13	-2.76	-0.71
4.09.	6 32.8	+26 22	395 500	30.22	0.403	355.79	-7.11	-4.00	4.53
4.10.	7 28.6	+25 53	390 400	30.61	0.503	7.99	-7.77	-5.07	9.70
4.11.	8 24.9	+24 01	384 600	31.07	0.606	20.18	-8.04	-5.92	14.40
4.12.	9 20.7	+20 48	378 400	31.58	0.707	32.36	-7.85	-6.49	18.29
4.13.	10 15.7	+16 21	372 200	32.11	0.802	44.53	-7.17	-6.70	21.09
4.14.	11 09.8	+10 51	366 500	32.61	0.885	56.71	-6.01	-6.50	22.62
4.15.	12 03.4	+4 35	361 800	33.03	0.949	68.87	-4.43	-5.88	22.82
4.16.	12 57.3	-2 04	358 600	33.32	0.989	81.04	-2.56	-4.84	21.70
4.17.	13 52.4	-8 42	357 200	33.45	0.999	93.20	-0.53	-3.44	19.28
4.18.	14 49.5	-14 51	357 800	33.40	0.978	105.37	1.48	-1.79	15.64
4.19.	15 49.1	-20 01	360 200	33.17	0.929	117.53	3.32	-0.04	10.90
4.20.	16 50.9	-23 49	364 200	32.81	0.856	129.70	4.87	1.70	5.30
4.21.	17 53.9	-25 58	369 300	32.36	0.765	141.88	6.06	3.28	-0.74
4.22.	18 56.2	-26 24	375 100	31.86	0.663	154.07	6.84	4.62	-6.69
4.23.	19 56.2	-25 12	381 000	31.37	0.556	166.26	7.22	5.67	-12.03
4.24.	20 52.6	-22 39	386 700	30.90	0.450	178.46	7.23	6.38	-16.39
4.25.	21 45.0	-19 02	391 800	30.50	0.349	190.66	6.90	6.75	-19.61
4.26.	22 33.9	-14 40	396 200	30.16	0.257	202.88	6.28	6.80	-21.69
4.27.	23 19.8	-9 46	399 900	29.88	0.177	215.10	5.43	6.52	-22.70
4.28.	0 03.8	-4 34	402 700	29.67	0.109	227.32	4.38	5.96	-22.76
4.29.	0 46.7	+0 44	404 700	29.53	0.057	239.55	3.19	5.15	-21.96
4.30.	1 29.4	+5 59	405 900	29.44	0.021	251.78	1.88	4.12	-20.38
5.01.	2 12.7	+11 01	406 500	29.40	0.003	264.02	0.50	2.92	-18.05
5.02.	2 57.5	+15 38	406 400	29.41	0.002	276.25	-0.91	1.59	-15.01
5.03.	3 44.3	+19 41	405 600	29.46	0.020	288.49	-2.32	0.20	-11.27
5.04.	4 33.5	+22 57	404 100	29.57	0.055	300.72	-3.67	-1.21	-6.90
5.05.	5 25.1	+25 14	401 900	29.73	0.107	312.96	-4.93	-2.57	-2.01
5.06.	6 18.7	+26 23	399 000	29.95	0.174	325.19	-6.03	-3.84	3.17
5.07.	7 13.7	+26 16	395 200	30.24	0.255	337.41	-6.91	-4.95	8.33
5.08.	8 08.9	+24 48	390 700	30.58	0.348	349.63	-7.52	-5.85	13.11
5.09.	9 03.7	+22 03	385 600	30.99	0.449	1.84	-7.79	-6.47	17.17
5.10.	9 57.3	+18 05	380 000	31.45	0.555	14.05	-7.67	-6.78	20.25
5.11.	10 49.9	+13 05	374 200	31.94	0.663	26.25	-7.14	-6.71	22.17
5.12.	11 41.9	+7 15	368 600	32.42	0.766	38.44	-6.18	-6.24	22.87
5.13.	12 34.1	+0 52	363 700	32.85	0.857	50.63	-4.82	-5.36	22.31
5.14.	13 27.4	-5 43	360 000	33.19	0.931	62.82	-3.15	-4.11	20.50
5.15.	14 22.9	-12 06	357 900	33.39	0.980	75.00	-1.25	-2.55	17.45
5.16.	15 21.5	-17 49	357 600	33.42	1.000	87.17	0.72	-0.80	13.19
5.17.	16 23.2	-22 21	359 200	33.27	0.989	99.35	2.62	1.01	7.88
5.18.	17 27.4	-25 19	362 600	32.95	0.949	111.53	4.32	2.72	1.84
5.19.	18 32.2	-26 29	367 400	32.52	0.885	123.72	5.70	4.22	-4.40
5.20.	19 35.3	-25 52	373 200	32.02	0.802	135.91	6.68	5.42	-10.20
5.21.	20 34.8	-23 40	379 400	31.49	0.707	148.10	7.24	6.26	-15.07
5.22.	21 29.0	-20 16	385 600	30.99	0.606	160.31	7.37	6.75	-18.75

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
5.23.	22 20.8	-15 59	391 300	30.54	0.503	172.52	7.10	6.87	-21.19
5.24.	23 08.1	-11 08	396 300	30.16	0.404	184.73	6.47	6.66	-22.50
5.25.	23 52.8	-5 57	400 200	29.86	0.310	196.96	5.56	6.16	-22.80
5.26.	0 35.0	-0 38	403 200	29.64	0.225	209.18	4.43	5.38	-22.21
5.27.	1 18.6	+4 39	405 100	29.50	0.150	221.42	3.13	4.39	-20.82
5.28.	2 01.6	+9 45	406 000	29.43	0.089	233.66	1.75	3.22	-18.69
5.29.	2 45.9	+14 29	406 100	29.43	0.043	245.90	0.33	1.91	-15.84
5.30.	3 32.2	+18 43	405 400	29.48	0.013	258.15	-1.07	0.53	-12.28
5.31.	4 20.9	+22 12	404 000	29.58	0.000	270.39	-2.40	-0.89	-8.05
6.01.	5 12.2	+24 46	402 000	29.73	0.006	282.64	-3.62	-2.28	-3.26
6.02.	6 05.8	+26 13	399 500	29.91	0.032	294.89	-4.69	-3.58	1.90
6.03.	7 00.7	+26 24	396 500	30.13	0.075	307.13	-5.57	-4.73	7.11
6.04.	7 56.0	+25 16	393 100	30.40	0.137	319.37	-6.24	-5.67	12.01
6.05.	8 50.6	+22 49	389 200	30.70	0.214	331.61	-6.67	-6.36	16.24
6.06.	9 43.9	+19 10	385 000	31.04	0.306	343.84	-6.82	-6.73	19.54
6.07.	10 35.7	+14 31	380 400	31.41	0.408	356.07	-6.67	-6.75	21.73
6.08.	11 26.3	+9 02	375 700	31.81	0.518	8.29	-6.21	-6.39	22.75
6.09.	12 16.7	+3 00	371 000	32.21	0.629	20.50	-5.43	-5.66	22.60
6.10.	13 07.7	-3 21	366 800	32.57	0.736	32.71	-4.34	-4.56	21.28
6.11.	14 00.6	-9 39	363 400	32.88	0.833	44.91	-2.98	-3.14	18.78
6.12.	14 56.4	-15 32	361 200	33.08	0.913	57.10	-1.42	-1.50	15.11
6.13.	15 55.8	-20 32	360 400	33.15	0.969	69.29	0.27	0.26	10.32
6.14.	16 58.7	-24 12	361 300	33.07	0.997	81.48	1.98	2.01	4.59
6.15.	18 03.7	-26 11	363 900	32.84	0.995	93.67	3.58	3.60	-1.65
6.16.	19 08.7	-26 18	367 900	32.48	0.966	105.86	4.95	4.94	-7.79
6.17.	20 11.2	-24 41	373 000	32.03	0.913	118.05	5.99	5.94	-13.20
6.18.	21 09.6	-21 37	378 800	31.54	0.840	130.25	6.64	6.56	-17.46
6.19.	22 03.4	-17 30	384 800	31.05	0.754	142.45	6.87	6.80	-20.43
6.20.	22 52.9	-12 41	390 500	30.60	0.660	154.65	6.67	6.68	-22.14
6.21.	23 39.2	-7 29	395 600	30.21	0.562	166.87	6.08	6.25	-22.76
6.22.	0 23.3	-2 07	399 700	29.90	0.464	179.09	5.18	5.54	-22.43
6.23.	1 06.4	+3 14	402 700	29.67	0.369	191.31	4.02	4.59	-21.27
6.24.	1 49.4	+8 24	404 600	29.54	0.280	203.55	2.70	3.46	-19.35
6.25.	2 33.3	+13 16	405 200	29.49	0.199	215.78	1.29	2.19	-16.70
6.26.	3 19.0	+17 38	404 800	29.52	0.129	228.03	-0.11	0.83	-13.34
6.27.	4 07.1	+21 21	403 500	29.62	0.072	240.27	-1.46	-0.56	-9.29
6.28.	4 57.9	+24 11	401 400	29.77	0.031	252.52	-2.67	-1.95	-4.63
6.29.	5 51.2	+25 56	398 800	29.97	0.006	264.77	-3.70	-3.27	0.47
6.30.	6 46.4	+26 27	395 700	30.20	0.001	277.03	-4.52	-4.45	5.75
7.01.	7 42.3	+25 36	392 500	30.45	0.017	289.28	-5.11	-5.43	10.81
7.02.	8 37.7	+23 25	389 100	30.71	0.053	301.53	-5.46	-6.16	15.27
7.03.	9 31.7	+20 00	385 600	30.99	0.109	313.78	-5.57	-6.58	18.83
7.04.	10 23.9	+15 32	382 200	31.27	0.184	326.02	-5.45	-6.66	21.28
7.05.	11 14.5	+10 14	378 700	31.55	0.275	338.26	-5.12	-6.37	22.57
7.06.	12 04.3	+4 22	375 400	31.83	0.378	350.49	-4.59	-5.71	22.71
7.07.	12 53.0	-1 48	372 200	32.10	0.489	2.72	-3.87	-4.72	21.71
7.08.	13 44.9	-7 59	369 400	32.35	0.603	14.93	-2.96	-3.42	19.61
7.09.	14 38.1	-13 50	367 100	32.55	0.713	27.14	-1.90	-1.90	16.41

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	Δ km	\varnothing "	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
7.10.	15 34.5	-19 00	365 600	32.68	0.812	39.35	-0.69	-0.23	12.13
7.11.	16 34.5	-23 04	365 100	32.73	0.895	51.55	0.61	1.45	6.86
7.12.	17 37.6	-25 38	365 900	32.66	0.955	63.74	1.95	3.05	0.88
7.13.	18 42.1	-26 28	367 900	32.48	0.990	75.93	3.24	4.44	-5.29
7.14.	19 45.7	-25 30	371 100	32.20	0.998	88.12	4.38	5.54	-11.04
7.15.	20 46.1	-22 57	375 300	31.84	0.980	100.31	5.28	6.28	-15.83
7.16.	21 42.4	-19 08	380 300	31.43	0.938	112.50	5.84	6.63	-19.35
7.17.	22 34.3	-14 27	385 500	31.00	0.878	124.70	6.04	6.62	-21.58
7.18.	23 22.6	-9 15	390 700	30.58	0.802	136.90	5.83	6.26	-22.61
7.19.	0 08.1	-3 48	395 500	30.22	0.716	149.11	5.25	5.61	-22.61
7.20.	0 52.0	+1 39	399 400	29.92	0.624	161.32	4.35	4.71	-21.71
7.21.	1 35.4	+6 58	402 200	29.71	0.529	173.53	3.19	3.62	-20.02
7.22.	2 19.2	+11 57	403 900	29.58	0.434	185.75	1.87	2.39	-17.60
7.23.	3 04.4	+16 30	404 300	29.56	0.342	197.98	0.47	1.06	-14.46
7.24.	3 51.7	+20 24	403 500	29.62	0.255	210.22	-0.91	-0.31	-10.64
7.25.	4 41.6	+23 31	401 600	29.76	0.177	222.45	-2.19	-1.68	-6.17
7.26.	5 34.2	+25 36	398 800	29.97	0.109	234.70	-3.29	-2.98	-1.18
7.27.	6 29.1	+26 28	395 300	30.23	0.056	246.94	-4.14	-4.17	4.09
7.28.	7 25.3	+26 01	391 500	30.52	0.019	259.19	-4.71	-5.19	9.29
7.29.	8 21.6	+24 10	387 600	30.83	0.003	271.44	-4.98	-5.96	14.01
7.30.	9 16.8	+20 59	383 900	31.13	0.008	283.69	-4.95	-6.42	17.90
7.31.	10 10.4	+16 40	380 400	31.41	0.036	295.94	-4.66	-6.55	20.71
8.01.	11 02.1	+11 26	377 400	31.67	0.087	308.19	-4.16	-6.31	22.32
8.02.	11 52.5	+5 35	374 800	31.88	0.159	320.43	-3.50	-5.69	22.74
8.03.	12 42.5	-0 36	372 800	32.06	0.249	332.66	-2.74	-4.74	22.00
8.04.	13 32.0	-6 48	371 200	32.19	0.353	344.89	-1.90	-3.48	20.17
8.05.	14 25.0	-12 43	370 100	32.29	0.466	357.12	-1.02	-2.02	17.27
8.06.	15 19.7	-17 59	369 500	32.34	0.580	9.33	-0.10	-0.42	13.32
8.07.	16 17.4	-22 15	369 500	32.34	0.691	21.54	0.84	1.21	8.42
8.08.	17 18.2	-25 11	370 100	32.29	0.791	33.74	1.80	2.76	2.76
8.09.	18 20.9	-26 30	371 300	32.18	0.875	45.94	2.74	4.14	-3.25
8.10.	19 23.6	-26 05	373 400	32.00	0.940	58.13	3.63	5.27	-9.08
8.11.	20 24.4	-24 03	376 200	31.76	0.981	70.32	4.39	6.06	-14.17
8.12.	21 21.6	-20 38	379 800	31.47	0.998	82.50	4.96	6.50	-18.14
8.13.	22 14.0	-16 12	383 800	31.13	0.991	94.69	5.28	6.56	-20.84
8.14.	23 04.7	-11 06	388 200	30.78	0.962	106.87	5.28	6.27	-22.31
8.15.	23 51.5	-5 38	392 600	30.44	0.914	119.06	4.95	5.67	-22.68
8.16.	0 36.3	-0 04	396 600	30.13	0.850	131.25	4.29	4.81	-22.10
8.17.	1 20.2	+5 23	400 000	29.87	0.774	143.45	3.34	3.75	-20.68
8.18.	2 04.1	+10 33	402 500	29.69	0.689	155.65	2.16	2.53	-18.49
8.19.	2 48.9	+15 18	403 900	29.59	0.598	167.86	0.82	1.22	-15.59
8.20.	3 35.5	+19 26	404 000	29.58	0.504	180.07	-0.59	-0.14	-12.00
8.21.	4 24.4	+22 48	402 800	29.66	0.410	192.28	-1.96	-1.49	-7.76
8.22.	5 15.8	+25 13	400 500	29.84	0.318	204.51	-3.20	-2.79	-2.96
8.23.	6 09.7	+26 29	397 100	30.09	0.231	216.73	-4.23	-3.98	2.21
8.24.	7 05.4	+26 28	392 900	30.42	0.153	228.97	-4.97	-5.02	7.46
8.25.	8 01.7	+25 04	388 200	30.79	0.087	241.20	-5.35	-5.82	12.39
8.26.	8 57.7	+22 17	383 300	31.17	0.038	253.44	-5.37	-6.35	16.62

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	φ °	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
8.27.	9 52.3	+18 14	378 800	31.55	0.009	265.68	-5.01	-6.54	19.84
8.28.	10 45.5	+13 09	374 800	31.88	0.003	277.92	-4.34	-6.35	21.89
8.29.	11 37.3	+7 17	371 600	32.16	0.022	290.16	-3.43	-5.78	22.70
8.30.	12 28.4	+0 58	369 400	32.35	0.068	302.40	-2.36	-4.84	22.29
8.31.	13 19.7	-5 26	368 200	32.45	0.137	314.63	-1.22	-3.59	20.72
9.01.	14 12.2	-11 35	367 900	32.48	0.226	326.86	-0.10	-2.11	18.05
9.02.	15 06.8	-17 07	368 500	32.43	0.329	339.08	0.96	-0.50	14.32
9.03.	16 04.0	-21 39	369 700	32.32	0.441	351.30	1.93	1.13	9.62
9.04.	17 03.9	-24 53	371 500	32.17	0.555	3.51	2.80	2.69	4.14
9.05.	18 05.6	-26 33	373 600	31.98	0.665	15.71	3.55	4.07	-1.76
9.06.	19 07.4	-26 32	376 100	31.77	0.766	27.90	4.19	5.20	-7.58
9.07.	20 07.6	-24 55	378 900	31.54	0.852	40.09	4.71	6.02	-12.81
9.08.	21 04.8	-21 53	381 900	31.29	0.920	52.27	5.06	6.49	-17.04
9.09.	21 58.4	-17 45	385 200	31.02	0.967	64.45	5.24	6.61	-20.07
9.10.	22 48.5	-12 50	388 700	30.74	0.993	76.62	5.19	6.37	-21.91
9.11.	23 35.8	-7 26	392 300	30.46	0.998	88.80	4.89	5.81	-22.63
9.12.	0 21.0	-1 51	395 800	30.19	0.981	100.97	4.32	4.98	-22.36
9.13.	1 05.2	+3 43	399 000	29.95	0.947	113.15	3.50	3.93	-21.22
9.14.	1 49.2	+9 04	401 700	29.75	0.895	125.32	2.44	2.71	-19.29
9.15.	2 33.8	+14 00	403 600	29.61	0.830	137.51	1.19	1.40	-16.63
9.16.	3 19.8	+18 23	404 600	29.53	0.754	149.69	-0.19	0.03	-13.27
9.17.	4 07.8	+22 02	404 500	29.54	0.668	161.88	-1.61	-1.34	-9.25
9.18.	4 58.2	+24 46	403 100	29.64	0.577	174.08	-2.99	-2.65	-4.65
9.19.	5 50.8	+26 26	400 500	29.83	0.481	186.28	-4.24	-3.86	0.37
9.20.	6 45.2	+26 51	396 800	30.12	0.385	198.48	-5.26	-4.92	5.56
9.21.	7 40.6	+25 57	392 100	30.48	0.291	210.69	-5.97	-5.77	10.57
9.22.	8 36.1	+23 41	386 700	30.90	0.203	222.91	-6.30	-6.36	15.05
9.23.	9 30.9	+20 06	381 000	31.37	0.124	235.13	-6.21	-6.63	18.67
9.24.	10 24.5	+15 22	375 400	31.83	0.062	247.35	-5.68	-6.53	21.18
9.25.	11 16.0	+9 41	370 500	32.25	0.019	259.58	-4.77	-6.05	22.49
9.26.	12 08.0	+3 22	366 600	32.60	0.001	271.81	-3.53	-5.17	22.55
9.27.	13 01.2	-3 15	364 000	32.83	0.011	284.04	-2.08	-3.94	21.39
9.28.	13 54.6	-9 45	362 900	32.93	0.050	296.26	-0.54	-2.44	19.04
9.29.	14 50.1	-15 44	363 200	32.90	0.114	308.48	0.98	-0.77	15.54
9.30.	15 48.2	-20 45	364 900	32.75	0.200	320.70	2.38	0.94	10.99
10.01.	16 48.9	-24 26	367 600	32.51	0.301	332.91	3.60	2.57	5.57
10.02.	17 51.2	-26 32	371 000	32.21	0.411	345.11	4.59	4.02	-0.36
10.03.	18 53.6	-26 54	374 800	31.88	0.524	357.31	5.34	5.20	-6.29
10.04.	19 54.3	-25 36	378 800	31.55	0.633	9.49	5.85	6.07	-11.68
10.05.	20 51.7	-22 52	382 700	31.22	0.733	21.68	6.12	6.58	-16.12
10.06.	21 45.5	-18 59	386 500	30.92	0.820	33.85	6.16	6.74	-19.40
10.07.	22 35.6	-14 16	390 100	30.63	0.892	46.02	5.97	6.55	-21.50
10.08.	23 22.9	-9 01	393 500	30.37	0.947	58.19	5.56	6.03	-22.50
10.09.	0 08.0	-3 29	396 600	30.13	0.982	70.35	4.92	5.23	-22.50
10.10.	0 52.0	+2 06	399 400	29.92	0.998	82.51	4.08	4.20	-21.63
10.11.	1 35.8	+7 33	401 900	29.73	0.995	94.67	3.04	2.99	-19.94
10.12.	2 20.1	+12 40	403 800	29.59	0.974	106.83	1.84	1.66	-17.51
10.13.	3 05.6	+17 16	405 100	29.49	0.935	118.99	0.51	0.27	-14.36

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
10.14.	3 53.0	+21 10	405 700	29.46	0.881	131.15	-0.91	-1.12	-10.54
10.15.	4 42.6	+24 13	405 300	29.48	0.814	143.32	-2.33	-2.47	-6.12
10.16.	5 34.2	+26 13	403 800	29.59	0.735	155.49	-3.71	-3.71	-1.24
10.17.	6 27.6	+27 02	401 300	29.78	0.648	167.67	-4.96	-4.80	3.87
10.18.	7 21.9	+26 35	397 500	30.06	0.553	179.85	-6.00	-5.70	8.89
10.19.	8 16.3	+24 49	392 800	30.42	0.454	192.04	-6.75	-6.36	13.50
10.20.	9 10.1	+21 46	387 200	30.86	0.353	204.23	-7.13	-6.72	17.37
10.21.	10 02.9	+17 33	381 100	31.36	0.256	216.42	-7.10	-6.74	20.27
10.22.	10 54.7	+12 18	374 900	31.88	0.167	228.63	-6.61	-6.39	22.05
10.23.	11 46.2	+6 16	369 000	32.38	0.091	240.83	-5.68	-5.65	22.65
10.24.	12 37.0	-0 17	364 100	32.82	0.035	253.04	-4.35	-4.53	22.03
10.25.	13 31.2	-6 58	360 600	33.14	0.005	265.26	-2.71	-3.08	20.19
10.26.	14 26.7	-13 23	358 800	33.31	0.003	277.47	-0.88	-1.40	17.13
10.27.	15 25.3	-19 01	358 800	33.30	0.032	289.68	0.99	0.39	12.88
10.28.	16 27.1	-23 25	360 600	33.14	0.089	301.89	2.77	2.15	7.58
10.29.	17 31.3	-26 10	363 900	32.83	0.169	314.09	4.35	3.73	1.57
10.30.	18 36.0	-27 06	368 400	32.44	0.266	326.29	5.63	5.05	-4.61
10.31.	19 38.0	-26 13	373 500	31.99	0.372	338.48	6.57	6.02	-10.34
11.01.	20 38.4	-23 46	378 800	31.54	0.481	350.66	7.15	6.62	-15.13
11.02.	21 33.5	-20 05	384 100	31.11	0.588	2.84	7.36	6.84	-18.72
11.03.	22 24.5	-15 31	388 900	30.73	0.688	15.01	7.24	6.71	-21.09
11.04.	23 12.1	-10 22	393 200	30.39	0.778	27.17	6.81	6.24	-22.33
11.05.	23 57.2	-4 55	396 900	30.11	0.855	39.33	6.12	5.49	-22.56
11.06.	0 40.0	+0 39	400 000	29.87	0.917	51.48	5.20	4.49	-21.90
11.07.	1 24.3	+6 07	402 400	29.69	0.962	63.63	4.11	3.31	-20.44
11.08.	2 08.1	+11 20	404 300	29.56	0.990	75.78	2.88	1.99	-18.22
11.09.	2 53.1	+16 05	405 600	29.46	1.000	87.92	1.54	0.59	-15.28
11.10.	3 39.0	+20 13	406 200	29.42	0.992	100.07	0.14	-0.82	-11.64
11.11.	4 28.0	+23 31	406 200	29.42	0.967	112.21	-1.27	-2.19	-7.38
11.12.	5 20.1	+25 50	405 500	29.47	0.925	124.36	-2.67	-3.47	-2.61
11.13.	6 12.0	+26 59	403 900	29.58	0.867	136.51	-3.98	-4.61	2.45
11.14.	7 06.7	+26 54	401 500	29.76	0.796	148.66	-5.17	-5.56	7.49
11.15.	8 00.5	+25 31	398 100	30.02	0.713	160.82	-6.18	-6.27	12.19
11.16.	8 53.4	+22 54	393 800	30.35	0.620	172.98	-6.94	-6.70	16.22
11.17.	9 45.1	+19 09	388 600	30.75	0.520	185.15	-7.39	-6.82	19.37
11.18.	10 35.7	+14 23	382 800	31.22	0.415	197.32	-7.49	-6.60	21.50
11.19.	11 25.5	+8 48	376 600	31.73	0.311	209.50	-7.17	-6.01	22.52
11.20.	12 15.5	+2 36	370 500	32.25	0.213	221.68	-6.42	-5.06	22.41
11.21.	13 06.7	-3 55	365 000	32.74	0.126	233.87	-5.26	-3.76	21.16
11.22.	14 00.3	-10 26	360 600	33.14	0.058	246.07	-3.72	-2.18	18.70
11.23.	14 57.2	-16 29	357 800	33.40	0.014	258.27	-1.89	-0.42	15.02
11.24.	15 58.2	-21 34	356 800	33.49	0.000	270.47	0.11	1.39	10.14
11.25.	17 02.9	-25 11	357 900	33.39	0.017	282.66	2.13	3.10	4.28
11.26.	18 09.7	-26 57	360 800	33.12	0.063	294.86	4.00	4.58	-2.08
11.27.	19 15.9	-26 44	365 300	32.71	0.134	307.05	5.60	5.72	-8.27
11.28.	20 18.0	-24 44	370 800	32.22	0.222	319.24	6.82	6.47	-13.61
11.29.	21 17.3	-21 17	376 900	31.70	0.322	331.42	7.59	6.81	-17.73
11.30.	22 10.8	-16 50	383 100	31.19	0.426	343.59	7.91	6.76	-20.52

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing "	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
12.01.	23 00.1	-11 43	388 800	30.73	0.530	355.76	7.79	6.36	-22.07
12.02.	23 46.2	-6 16	394 000	30.33	0.630	7.92	7.28	5.66	-22.56
12.03.	0 30.3	-0 42	398 200	30.01	0.722	20.08	6.45	4.71	-22.11
12.04.	1 13.6	+4 48	401 600	29.76	0.804	32.23	5.38	3.56	-20.85
12.05.	1 57.0	+10 04	404 000	29.58	0.874	44.37	4.12	2.28	-18.83
12.06.	2 41.5	+14 56	405 500	29.47	0.930	56.51	2.75	0.91	-16.09
12.07.	3 27.7	+19 13	406 200	29.42	0.970	68.65	1.34	-0.49	-12.65
12.08.	4 16.1	+22 45	406 200	29.42	0.993	80.78	-0.08	-1.87	-8.54
12.09.	5 06.9	+25 19	405 600	29.46	0.999	92.92	-1.45	-3.17	-3.88
12.10.	5 59.6	+26 46	404 300	29.56	0.988	105.05	-2.74	-4.33	1.15
12.11.	6 53.4	+26 59	402 500	29.69	0.958	117.18	-3.91	-5.32	6.24
12.12.	7 47.4	+25 55	400 000	29.87	0.911	129.32	-4.94	-6.07	11.05
12.13.	8 40.4	+23 35	397 000	30.10	0.848	141.46	-5.80	-6.56	15.26
12.14.	9 31.9	+20 08	393 300	30.39	0.770	153.60	-6.46	-6.74	18.61
12.15.	10 21.8	+15 41	388 900	30.72	0.680	165.75	-6.88	-6.59	20.97
12.16.	11 10.5	+10 27	384 000	31.12	0.580	177.90	-7.02	-6.11	22.29
12.17.	11 58.7	+4 37	378 700	31.55	0.473	190.06	-6.86	-5.29	22.54
12.18.	12 47.6	-1 35	373 300	32.01	0.364	202.23	-6.35	-4.15	21.73
12.19.	13 38.2	-7 54	368 200	32.46	0.259	214.40	-5.47	-2.73	19.83
12.20.	14 31.8	-13 59	363 700	32.86	0.164	226.58	-4.24	-1.10	16.78
12.21.	15 29.5	-19 25	360 400	33.16	0.085	238.76	-2.67	0.63	12.54
12.22.	16 31.8	-23 41	358 600	33.33	0.030	250.95	-0.86	2.35	7.18
12.23.	17 37.7	-26 19	358 600	33.32	0.003	263.14	1.07	3.92	1.00
12.24.	18 45.3	-27 01	360 500	33.15	0.007	275.33	2.98	5.21	-5.42
12.25.	19 51.4	-25 44	364 100	32.82	0.039	287.52	4.71	6.12	-11.33
12.26.	20 53.7	-22 45	369 100	32.37	0.096	299.71	6.10	6.61	-16.14
12.27.	21 50.9	-18 30	375 000	31.87	0.173	311.89	7.06	6.68	-19.56
12.28.	22 43.2	-13 24	381 300	31.34	0.263	324.07	7.53	6.37	-21.62
12.29.	23 31.6	-7 53	387 400	30.84	0.360	336.24	7.51	5.73	-22.47
12.30.	0 17.2	-2 12	393 000	30.40	0.460	348.41	7.05	4.82	-22.30
12.31.	1 01.2	+3 25	397 800	30.04	0.558	0.57	6.22	3.71	-21.26

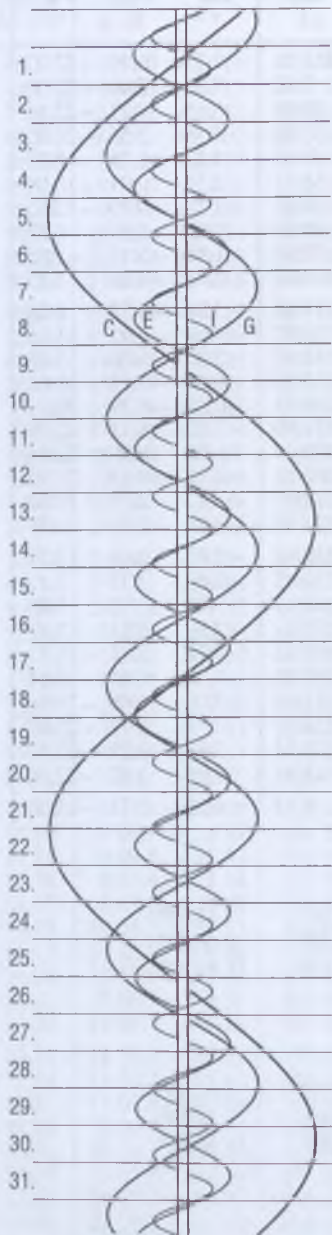
A Hold földközelen:

1.23.22 ^h	2.19.16 ^h	3.19.19 ^h	4.17.05 ^h
5.15.16 ^h	6.12.23 ^h	7.10.22 ^h	8.06.14 ^h
8.31.19 ^h	9.28.06 ^h	10.26.12 ^h	11.23.23 ^h
12.22.12 ^h			

A Hold földtávolban:

1.11.01 ^h	2.07.22 ^h	3.07.17 ^h	4.04.04 ^h
5.01.08 ^h	5.28.13 ^h	6.25.02 ^h	7.22.20 ^h
8.19.14 ^h	9.16.09 ^h	10.14.02 ^h	11.10.12 ^h
12.07.12 ^h			

Jupiter-holdak – január



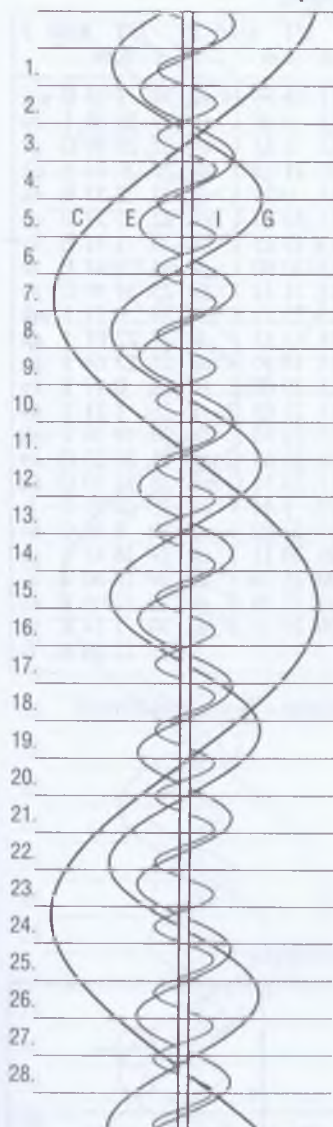
UT hold J				UT hold J				UT hold J			
d	h	m		d	h	m		d	h	m	
1.	3 00	I	fk	10.	2 15	I	mv	19.	19 16	I	áv
1.	3 48	C	áv	10.	20 28	E	ák	19.	19 27	G	fk
3.	1. 21 26	G	ák	10.	20 37	I	ák	19.	19 36	I	ev
1.	23 18	E	fk	10.	21 09	I	ek	19.	21 13	E	mv
4.	2. 0 16	I	ák	10.	21 35	E	ek	20.	0 28	G	mv
2.	0 21	G	ek	10.	22 54	I	áv	24.	3 11	I	fk
2.	0 59	I	ek	10.	23 23	E	áv	25.	0 24	I	ák
2.	1 02	G	áv	10.	23 26	I	ev	25.	0 37	I	ek
2.	2 32	I	áv	11.	0 29	E	ev	25.	1 41	E	ák
2.	3 15	I	ev	11.	20 41	I	mv	25.	2 07	E	ek
2.	3 37	E	mv	12.	18 59	E	mv	25.	2 42	I	áv
2.	3 59	G	ev	12.	21 09	G	mv	25.	2 54	I	ev
2.	21 28	I	fk	16.	4 02	I	ák	25.	4 36	E	áv
3.	0 30	I	mv	16.	4 25	E	fk	25.	5 02	E	ev
3.	19 17	E	ek	16.	4 27	I	ek	25.	21 39	I	fk
3.	19 25	I	ek	17.	1 16	I	fk	26.	0 09	I	mv
3.	20 47	E	áv	17.	3 59	I	mv	26.	0 39	C	fk
3.	21 01	I	áv	17.	20 35	C	ek	26.	18 53	I	ák
3.	21 42	I	ev	17.	21 49	C	áv	26.	19 02	I	ek
3.	22 11	E	ev	17.	22 31	I	ák	26.	20 15	E	fk
4.	18 56	I	mv	17.	22 53	I	ek	26.	21 10	I	áv
8.	4 54	I	fk	17.	23 05	E	ák	26.	21 20	I	ev
9.	1 23	G	ák	17.	23 51	E	ek	26.	23 26	G	fk
9.	1 51	E	fk	18.	0 48	I	áv	26.	23 26	E	mv
9.	2 09	I	ák	18.	1 10	I	ev	27.	3 44	G	mv
9.	2 43	I	ek	18.	1 21	C	ev	27.	18 35	I	mv
9.	3 43	G	ek	18.	2 00	E	áv	28.	17 55	E	áv
9.	4 26	I	áv	18.	2 46	E	ev	28.	18 09	E	ev
9.	5 00	G	áv	18.	19 45	I	fk	30.	16 56	G	áv
9.	5 00	I	ev	18.	22 25	I	mv	30.	17 13	G	ev
9.	23 22	I	fk								

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – február



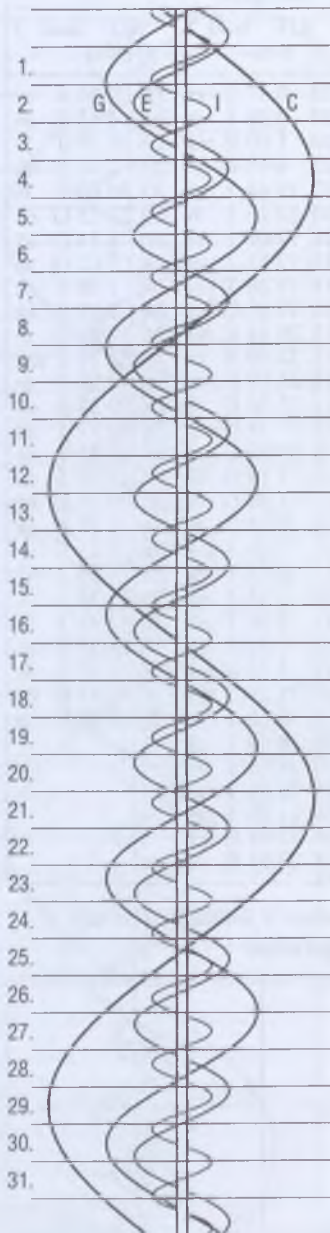
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 2 18 I ák	10. 0 47 I ev	19. 0 56 E ev
1. 2 20 I ek	10. 0 58 I áv	19. 1 45 E áv
1. 4 18 E ák	10. 1 00 E mk	19. 18 39 I fv
1. 4 22 E ek	10. 4 15 E fv	20. 0 58 C ek
1. 4 35 I áv	10. 19 44 I mk	20. 20 07 E fv
1. 4 37 I ev	10. 22 16 I fv	20. 23 25 G ek
1. 23 34 I fv	11. 17 09 I ák	21. 1 14 G ák
2. 1 53 I mk	11. 19 12 I ev	21. 3 02 G ev
2. 20 46 I ek	11. 19 26 I áv	24. 1 58 I ek
2. 20 46 I ák	11. 19 45 E ek	24. 2 29 I ák
2. 22 47 E mk	11. 20 14 E ák	24. 19 02 G fv
2. 23 03 I ev	11. 22 40 E ev	24. 23 14 I mk
2. 23 04 I áv	11. 23 09 E áv	25. 2 05 I fv
3. 1 41 E fv	11. 23 36 C fv	25. 20 24 I ek
3. 3 20 G mk	13. 17 33 E fv	25. 20 57 I ák
3. 18 00 I mk	13. 20 07 G ek	25. 22 41 I ev
3. 20 21 I fv	13. 21 16 G ák	25. 23 15 I áv
4. 17 29 I ev	13. 23 44 G ev	26. 0 18 E ek
4. 17 30 E ek	14. 0 54 G áv	26. 1 27 E ák
4. 17 32 I áv	16. 3 03 I mk	26. 3 13 E ev
4. 17 37 E ák	17. 0 13 I ek	26. 17 40 I mk
4. 20 24 E ev	17. 0 34 I ák	26. 20 34 I fv
4. 20 32 E áv	17. 2 30 I ev	27. 17 43 I áv
6. 17 17 G ák	17. 2 52 I áv	27. 18 37 E mk
6. 20 28 G ev	17. 3 14 E mk	27. 22 42 E fv
6. 20 55 G áv	17. 21 29 I mk	28. 2 45 G ek
8. 4 03 I ek	18. 0 10 I fv	28. 17 38 C fv
8. 4 12 I ák	18. 18 39 I ek	
9. 1 18 I mk	18. 19 03 I ák	
9. 3 47 I fv	18. 20 56 I ev	
9. 22 29 I ek	18. 21 20 I áv	
9. 22 40 I ák	18. 22 01 E ek	
	18. 22 51 E ák	

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – március



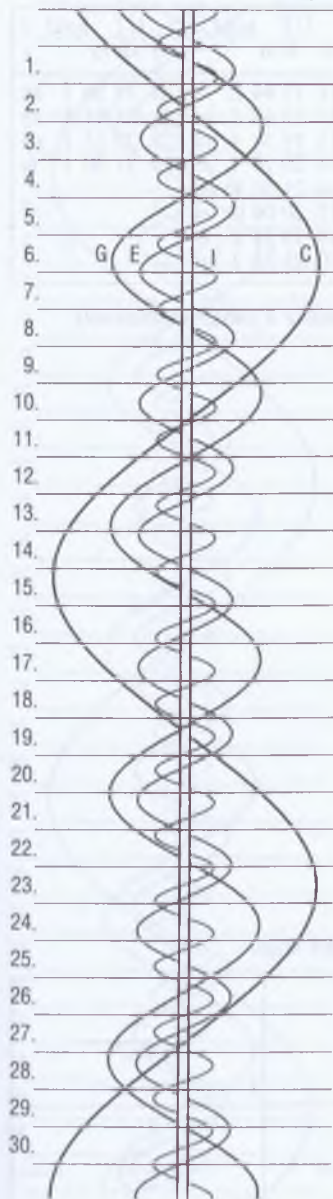
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 17 41 E áv	11. 23 56 I ek	21. 1 35 E mk
3. 23 02 G fv	12. 0 46 I ák	21. 20 48 I fv
4. 1 00 I mk	12. 2 13 I ev	21. 20 49 G áv
4. 22 10 I ek	12. 21 13 I mk	22. 20 34 E ek
4. 22 52 I ák	13. 0 24 I fv	22. 22 37 E ák
5. 0 27 I ev	13. 18 23 I ek	22. 23 27 E ev
5. 1 09 I áv	13. 19 15 I ák	23. 1 31 E áv
5. 2 37 E ek	13. 20 40 I ev	24. 19 44 E fv
5. 19 26 I mk	13. 21 32 I áv	25. 21 49 C áv
5. 22 29 I fv	13. 23 13 E mk	27. 0 51 I mk
6. 18 53 I ev	14. 18 53 I fv	27. 22 01 I ek
6. 19 38 I áv	15. 18 10 E ek	27. 23 04 I ák
6. 20 54 E mk	15. 20 00 E ák	28. 0 17 I ev
7. 1 16 E fv	15. 21 03 E ev	28. 1 21 I áv
8. 18 42 E ev	15. 22 54 E áv	28. 19 18 I mk
8. 20 17 E áv	16. 21 53 C mk	28. 20 23 G ev
8. 20 27 C ev	17. 23 31 G mk	28. 21 10 G ák
8. 23 01 C ák	19. 1 44 I ek	28. 22 43 I fv
10. 20 01 G mk	19. 23 02 I mk	29. 0 48 G áv
	20. 20 11 I ek	29. 18 45 I ev
	20. 21 10 I ák	29. 19 50 I áv
	20. 22 28 I ev	29. 23 00 E ek
	20. 23 27 I áv	30. 1 14 E ák
		31. 22 20 E fv

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – április



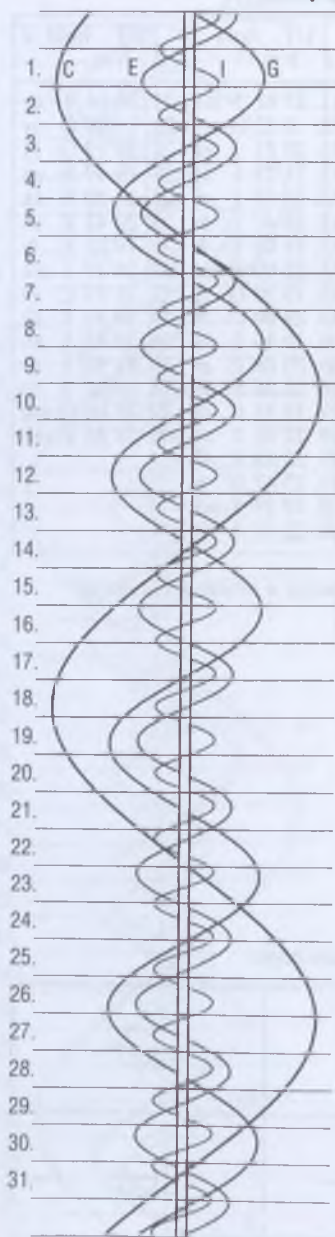
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
2. 18 45 C mv	11. 23 01 I mk	21. 20 04 I áv
3. 0 51 C fk	12. 0 15 G ek	22. 21 49 G mv
3. 23 51 I ek	12. 20 11 I ek	22. 23 19 G fk
4. 0 59 I ák	12. 21 23 I ák	23. 19 49 E ek
4. 20 29 G ek	12. 22 27 I ev	23. 22 22 E ák
4. 21 09 I mk	12. 23 40 I áv	23. 22 42 E ev
5. 0 05 G ev	13. 21 02 I fv	25. 19 25 E fv
5. 0 38 I fv	14. 22 09 E mk	27. 21 17 I mk
5. 19 28 I ák	15. 19 20 G fk	27. 21 55 C ev
5. 20 35 I ev	15. 23 00 G fv	28. 19 42 I ák
5. 21 45 I áv	16. 19 45 E ák	28. 20 43 I ev
6. 19 07 I fv	16. 20 08 E ev	28. 21 59 I áv
7. 19 39 E mk	16. 22 38 E áv	29. 19 21 I fv
8. 18 59 G fv	19. 18 55 C fk	29. 22 08 G mk
9. 20 02 E áv	19. 22 04 I ek	30. 22 25 E ek
10. 23 42 C ek	19. 23 18 I ák	
	19. 23 47 C fv	
	20. 19 23 I mk	
	20. 22 57 I fv	

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – május



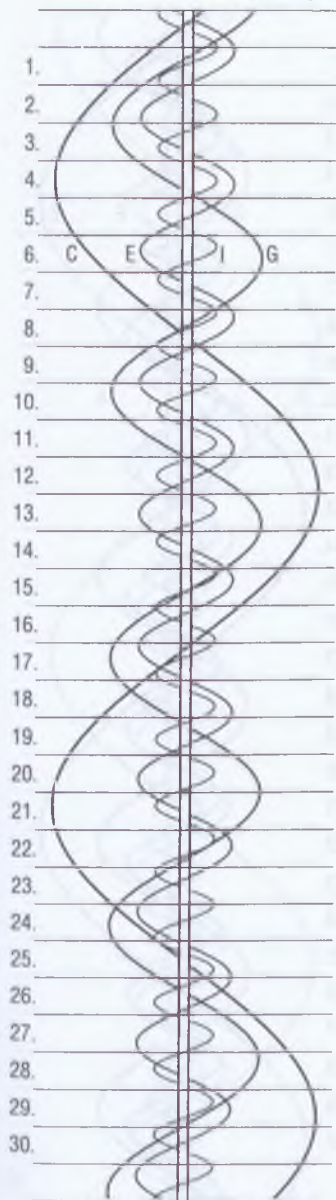
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
2. 22 02 E fv	11. 19 44 E áv	21. 19 56 I ák
3. 20 45 G áv	12. 22 18 I ek	21. 21 01 I ev
5. 20 22 I ek	13. 19 38 I mk	28. 20 42 I ek
5. 21 37 I ák	14. 20 18 I áv	29. 21 30 I fv
5. 22 38 I ev	16. 21 50 E mk	
6. 21 16 I fv	17. 20 09 G ek	
10. 19 39 G ev	18. 19 54 E ev	
10. 21 08 G ák	20. 21 35 I mk	

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – június



UT hold J			UT hold J			UT hold J		
d	h	m	d	h	m	d	h	m
6.	20	32	I	áv				

Jelölések a Jupiter-holdak táblázataiban

A holdakat kezdőbetűjükkel rövidítjük:

I = Io E = Europa
G = Ganymedes C = Callisto

J = a megfigyelhető jelenség:

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

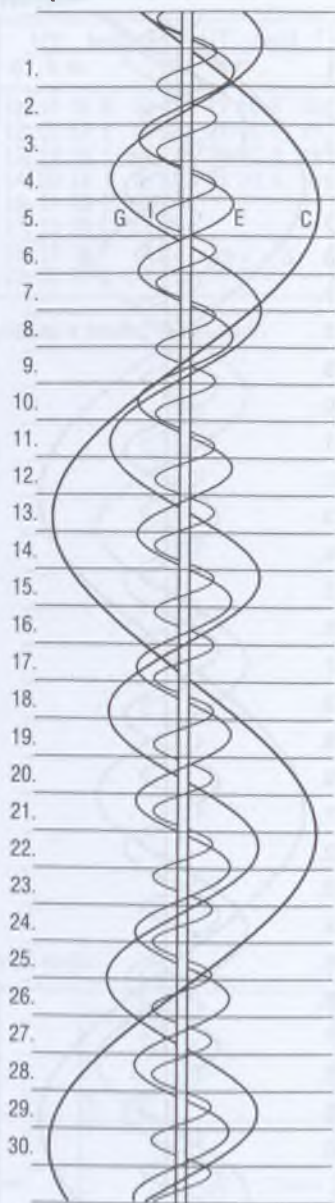
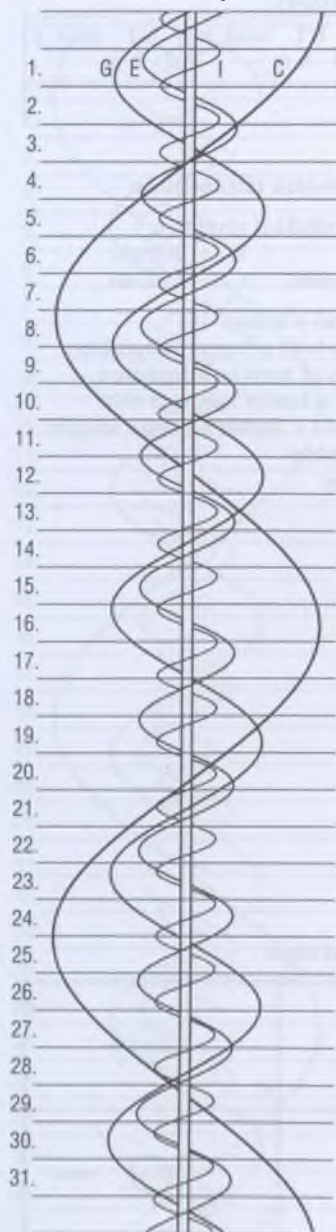
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

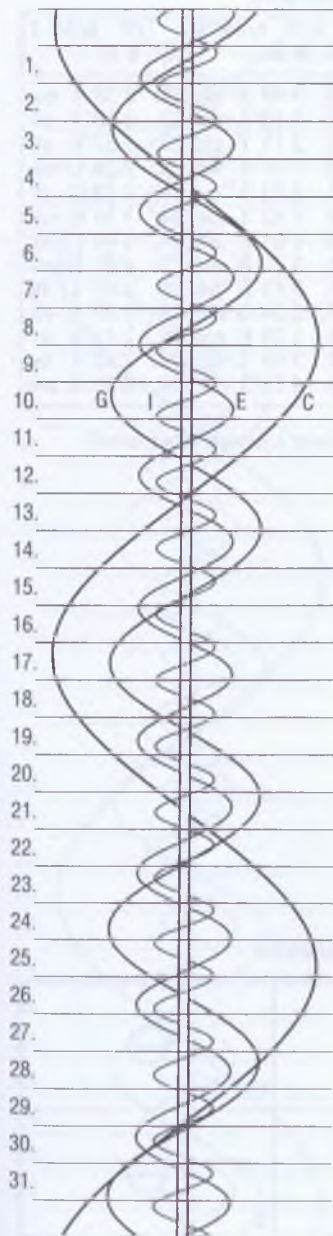
A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – július, szeptember



Jupiter-holdak – október



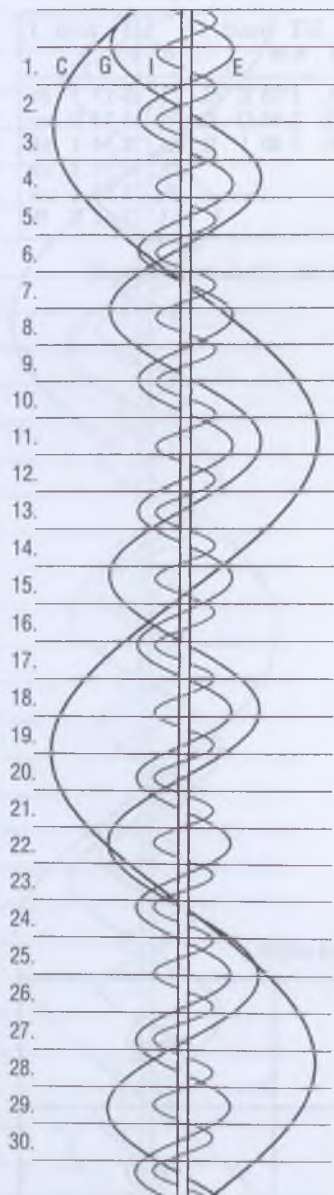
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
5. 3 25 I ek	15. 3 08 E ek	21. 3 17 I áv
6. 2 53 I mv	19. 2 50 G fk	24. 3 54 E mv
8. 3 14 E ev	20. 3 40 I fk	28. 2 54 I ák
		28. 3 53 I ek
		29. 3 18 I mv
		31. 1 42 E fk

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I 	E
G 	C

Jupiter-holdak – november



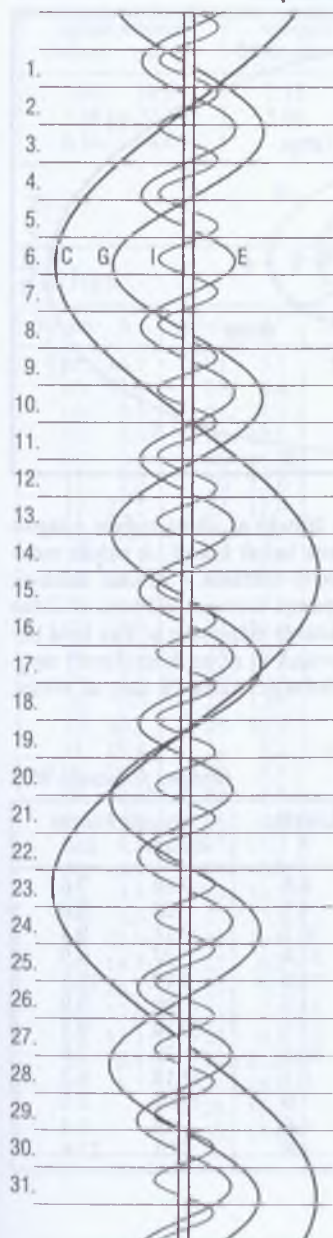
UT hold J			UT hold J			UT hold J		
d	h m		d	h m		d	h m	
5.	1 55 I	fk	12.	3 48 I	fk	21.	3 38 I	mv
6.	1 33 I	áv	13.	1 10 I	ák	22.	0 58 I	ev
6.	2 36 I	ev	13.	2 17 I	ek	23.	3 37 E	ák
6.	4 13 G	áv	13.	3 26 I	áv	24.	1 18 C	mk
7.	4 18 E	fk	13.	4 33 I	ev	24.	2 12 G	fv
9.	1 19 E	áv	14.	1 42 I	mv	24.	3 34 G	mk
9.	3 29 E	ev	16.	1 03 E	ák	24.	4 46 C	mv
			16.	3 20 E	ek	25.	4 02 E	mv
			16.	3 53 E	áv	28.	2 03 I	fk
			17.	2 54 G	mv	29.	0 37 I	ek
			18.	1 23 E	mv	29.	1 41 I	áv
			20.	3 03 I	ák	29.	2 52 I	ev
			20.	4 13 I	ek	30.	0 01 I	mv

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – december



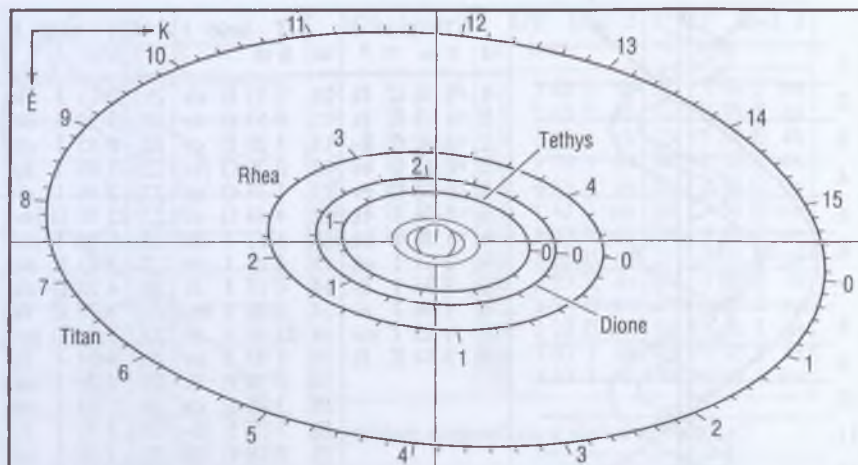
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	2 36 G fk	11.	0 31 E ek	21.	2 11 I fk
2.	1 19 E fk	11.	0 52 E áv	21.	23 32 I ák
3.	3 07 C áv	11.	3 20 E ev	22.	0 45 I ek
4.	0 45 E ev	12.	0 00 G áv	22.	1 48 I áv
5.	0 56 G ev	12.	1 34 G ek	22.	2 59 I ev
5.	3 56 I fk	12.	4 54 G ev	22.	22 50 G mv
6.	1 18 I ák	13.	3 11 I ák	23.	0 08 I mv
6.	2 31 I ek	13.	4 25 I ek	25.	3 11 E ák
6.	3 34 I áv	14.	0 17 I fk	26.	4 25 G ák
6.	4 46 I ev	14.	3 48 I mv	27.	1 27 C fk
7.	1 55 I mv	14.	23 55 I áv	27.	3 31 E mv
9.	3 54 E fk	15.	1 07 I ev	28.	4 04 I fk
		18.	0 36 E ák	29.	1 26 I ák
		18.	3 05 E ek	29.	2 35 I ek
		18.	3 27 E áv	29.	3 41 I áv
		19.	0 28 G ák	29.	4 50 I ev
		19.	3 56 G áv	29.	22 32 I fk
		19.	4 59 C ek	29.	23 17 G mk
		20.	1 02 E mv	30.	1 59 I mv
		20.	5 04 I ák	30.	2 36 G mv
				30.	22 09 I áv
				30.	23 17 I ev

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

A Szaturnusz-holdak



Az ábrán a legfényesebb Szaturnusz-holdak pályája látható az aktuális évre átlagolt rálátási szögben. A holdak legnagyobb keleti kitérésének helyét 0 jelzi. A pályák mentén leolvasható a kitéréstől eltelt napok száma, a kisebb osztások 4 órának felelnek meg. A táblázatokban a legnagyobb keleti kitérés időpontja szerepel UT-ben. A Titan és a Iapetus esetében megadtuk a legnagyobb nyugati kitérés időpontját is. Egy hold helyének meghatározásához a megfigyelés időpontjából vonjuk ki az ezt közvetlenül megelőző keleti kitérés időpontját, és az így kapott időkülönbséget keressük meg az ábrán, a hold pályája mentén felrajzolt időskálán.

Titan

Közepes fényesség: 8^m3

keleti kitérés		nyugati kitérés		keleti kitérés		nyugati kitérés	
dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.07.	11.0	1.15.	8.7	7.02.	8.6	7.10.	7.6
23.	8.5	31.	6.4	18.	9.7	26.	8.6
2.08.	6.4	2.16.	4.7	8.03.	10.7	8.11.	9.4
24.	4.9	3.04.	3.5	19.	11.4	27.	9.9
3.12.	4.0	20.	2.8	9.04.	11.9	9.12.	10.1
28.	3.7	4.05.	2.7	20.	11.9	28.	9.8
4.13.	3.8	21.	2.9	10.06.	11.5	10.14.	9.1
29.	4.3	5.07.	3.6	22.	10.5	30.	7.9
5.15.	5.1	23.	4.4	11.07.	9.1	11.15.	6.2
31.	6.2	6.08.	5.5	23.	7.0	12.01.	3.9
6.16.	7.4	24.	6.5	12.09.	4.6	17.	1.4
				25.	1.8	1.01.	22.6

Iapetus

Közepes fényesség: 11^m1

keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h	keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h
1.06. 18.9	2.15. 3.8		7.26. 23.6
3.26. 22.4	5.06. 11.2	9.05. 15.5	10.15. 15.7
6.16. 4.6		11.24. 7.2	1.02. 5.9

Tethys

Közepes fényesség: 10^m2

dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h
1.01. 14.7	3.01. 3.1	5.02. 10.9	7.01. 21.8	9.02. 5.9	11.01. 15.9
03. 12.0	03. 0.4	04. 8.2	03. 19.2	04. 3.2	03. 13.2
05. 9.3	04. 21.7	06. 5.6	05. 16.5	06. 0.5	05. 10.5
07. 6.6	06. 19.0	08. 2.9	07. 13.9	07. 21.9	07. 7.8
09. 3.9	08. 16.3	10. 0.3	09. 11.2	09. 19.2	09. 5.1
11. 1.2	10. 13.6	11. 21.6	11. 8.5	11. 16.5	11. 2.4
12. 22.5	12. 11.0	13. 18.9	13. 5.9	13. 13.8	12. 23.7
14. 19.8	14. 8.3	15. 16.3	15. 3.2	15. 11.2	14. 21.0
16. 17.1	16. 5.6	17. 13.6	17. 0.6	17. 8.5	16. 18.3
18. 14.4	18. 2.9	19. 11.0	18. 21.9	19. 5.8	18. 15.6
20. 11.6	20. 0.3	21. 8.3	20. 19.2	21. 3.1	20. 12.9
22. 8.9	21. 21.6	23. 5.6	22. 16.6	23. 0.4	22. 10.2
24. 6.2	23. 18.9	25. 3.0	24. 13.9	24. 21.8	24. 7.5
26. 3.5	25. 16.2	27. 0.3	26. 11.3	26. 19.1	26. 4.8
28. 0.8	27. 13.6	28. 21.7	28. 8.6	28. 16.4	28. 2.1
29. 22.1	29. 10.9	30. 19.0	30. 5.9	30. 13.7	29. 23.3
31. 19.4	31. 8.2	6.01. 16.4	8.01. 3.3	10.02. 11.0	12.01. 20.6
2.02. 16.7	4.02. 5.5	03. 13.7	03. 0.6	04. 8.3	03. 17.9
04. 14.0	04. 2.9	05. 11.0	04. 21.9	06. 5.6	05. 15.2
06. 11.3	06. 0.2	07. 8.4	06. 19.3	08. 3.0	07. 12.5
08. 8.6	07. 21.5	09. 5.7	08. 16.6	10. 0.3	09. 9.8
10. 5.9	09. 18.9	11. 3.1	10. 13.9	11. 21.6	11. 7.1
12. 3.3	11. 16.2	13. 0.4	12. 11.3	13. 18.9	13. 4.4
14. 0.6	13. 13.5	14. 21.8	14. 8.6	15. 16.2	15. 1.6
15. 21.9	15. 10.9	16. 19.1	16. 5.9	17. 13.5	16. 22.9
17. 19.2	17. 8.2	18. 16.4	18. 3.3	19. 10.8	18. 20.2
19. 16.5	19. 5.5	20. 13.8	20. 0.6	21. 8.1	20. 17.5
21. 13.8	21. 2.9	22. 11.1	21. 21.9	23. 5.4	22. 14.8
23. 11.1	23. 0.2	24. 8.5	23. 19.3	25. 2.7	24. 12.1
25. 8.4	24. 21.6	26. 5.8	25. 16.6	27. 0.0	26. 9.4
27. 5.7	26. 18.9	28. 3.2	27. 13.9	28. 21.3	28. 6.6
	28. 16.2	30. 0.5	29. 11.2	30. 18.6	30. 3.9
	30. 13.6		31. 8.6		

Dione*Közepes fényesség: 10^m4*

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.02.	1.2	3.03.	5.9	5.02.	11.9	7.01.	18.6	9.02.	18.7	11.02.	0.2
04.	18.8	05.	23.6	05.	5.7	04.	12.3	05.	12.4	04.	17.8
07.	12.4	08.	17.3	07.	23.4	07.	6.1	08.	6.2	07.	11.5
10.	6.1	11.	11.0	10.	17.2	09.	23.8	10.	23.9	10.	5.2
12.	23.7	14.	4.7	13.	10.9	12.	17.6	13.	17.6	12.	22.8
15.	17.4	16.	22.5	16.	4.7	15.	11.4	16.	11.3	15.	16.5
18.	11.1	19.	16.2	18.	22.5	18.	5.1	19.	5.1	18.	10.2
21.	4.7	22.	9.9	21.	16.2	20.	22.9	21.	22.8	21.	3.8
23.	22.4	25.	3.6	24.	10.0	23.	16.6	24.	16.5	23.	21.5
26.	16.0	27.	21.3	27.	3.7	26.	10.4	27.	10.2	26.	15.1
29.	9.7	30.	15.1	29.	21.5	29.	4.1	30.	3.9	29.	8.8
2.01.	3.4	4.02.	8.8	6.01.	15.2	31.	21.9	10.02.	21.6	12.02.	2.4
03.	21.0	05.	2.5	04.	9.0	8.03.	15.6	05.	15.3	04.	20.1
06.	14.7	07.	20.3	07.	2.8	06.	9.4	08.	9.0	07.	13.7
09.	8.4	10.	14.0	09.	20.5	09.	3.1	11.	2.7	10.	7.4
12.	2.1	13.	7.7	12.	14.3	11.	20.8	13.	20.4	13.	1.0
14.	19.8	16.	1.5	15.	8.0	14.	14.6	16.	14.1	15.	18.7
17.	13.4	18.	19.2	18.	1.8	17.	8.3	19.	7.8	18.	12.3
20.	7.1	21.	13.0	20.	19.5	20.	2.1	22.	1.4	21.	5.9
23.	0.8	24.	6.7	23.	13.3	22.	19.8	24.	19.1	23.	23.6
25.	18.5	27.	0.4	26.	7.1	25.	13.5	27.	12.8	26.	17.2
28.	12.2	29.	18.2	29.	0.8	28.	7.3	30.	6.5	29.	10.9
						31.	1.0				

Rhea*Közepes fényesség: 9^m7*

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.03.	5.2	3.02.	22.1	5.05.	5.5	7.03.	1.5	9.04.	9.7	11.02.	3.7
07.	17.5	07.	10.5	09.	18.1	07.	14.1	08.	22.2	06.	16.1
12.	5.8	11.	23.0	14.	6.7	12.	2.7	13.	10.7	11.	4.5
16.	18.1	16.	11.5	18.	19.3	16.	15.3	17.	23.2	15.	16.9
21.	6.5	21.	00.0	23.	7.9	21.	3.9	22.	11.7	20.	5.2
25.	18.8	25.	12.5	27.	20.5	25.	16.5	27.	0.2	24.	17.5
30.	7.2	30.	1.0	6.01.	9.1	30.	5.1	10.01.	12.7	29.	5.9
2.03.	19.6	4.03.	13.5	05.	21.8	8.03.	17.7	06.	1.2	12.03.	18.2
08.	7.9	08.	2.1	10.	10.4	08.	6.3	10.	13.6	08.	6.5
12.	20.3	12.	14.6	14.	23.0	12.	18.9	15.	2.1	12.	18.8
17.	8.7	17.	3.2	19.	11.6	17.	7.4	19.	14.5	17.	7.1
21.	21.2	21.	15.8	24.	0.2	21.	20.0	24.	2.9	21.	19.4
26.	9.6	26.	4.3	28.	12.9	26.	8.6	28.	15.3	26.	7.7
		30.	16.9			30.	21.1			30.	20.0

Kisbolygók

1 Ceres

szembenállás: 2002.10.04.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01. 00 43.2	-04 58	8.9		1.16. 00 54.5	-02 43	9.0		1.31. 01 08.7	-00 19	9.1	
06. 00 46.6	-04 14	8.9		21. 00 59.0	-01 56	9.0					
11. 00 50.4	-03 29	9.0		26. 01 03.7	-01 08	9.1					

szembenállás: 2004.01.09.

9.03. 06 36.0	+22 56	8.9		10.18. 07 32.3	+23 32	8.5		12.02. 07 52.1	+25 59	7.7	
08. 06 43.3	+23 00	8.9		23. 07 36.9	+23 40	8.4		07. 07 50.9	+26 29	7.5	
13. 06 50.4	+23 04	8.8		28. 07 40.9	+23 49	8.3		12. 07 48.9	+27 00	7.4	
18. 06 57.3	+23 07	8.8		11.02. 07 44.4	+24 00	8.2		17. 07 46.2	+27 33	7.3	
23. 07 03.9	+23 10	8.8		07. 07 47.3	+24 13	8.2		22. 07 42.7	+28 07	7.2	
28. 07 10.3	+23 13	8.7		12. 07 49.7	+24 29	8.1		27. 07 38.7	+28 41	7.0	
10.03. 07 16.3	+23 17	8.7		17. 07 51.3	+24 47	8.0		1.01. 07 34.1	+29 15	6.9	
08. 07 22.1	+23 21	8.6		22. 07 52.3	+25 09	7.9					
13. 07 27.4	+23 26	8.5		27. 07 52.6	+25 33	7.8					

2 Pallas

szembenállás: 10.13.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
8.04. 01 58.7	+00 04	9.5		9.28. 02 04.4	-12 42	8.4		11.22. 01 26.8	-23 28	8.7	
09. 02 01.7	-00 40	9.4		10.03. 02 01.6	-14 09	8.3		27. 01 25.0	-23 38	8.7	
14. 02 04.4	-01 30	9.3		08. 01 58.4	-15 35	8.3		12.02. 01 23.8	-23 39	8.8	
19. 02 06.6	-02 25	9.2		13. 01 54.8	-16 58	8.2		07. 01 23.2	-23 33	8.9	
24. 02 08.2	-03 26	9.1		18. 01 51.0	-18 15	8.2		12. 01 23.3	-23 20	8.9	
29. 02 09.4	-04 32	9.0		23. 01 47.0	-19 25	8.3		17. 01 24.0	-23 02	9.0	
9.03. 02 10.0	-05 44	8.9		28. 01 43.0	-20 28	8.3		22. 01 25.4	-22 39	9.0	
08. 02 10.1	-07 01	8.8		11.02. 01 39.1	-21 23	8.4		27. 01 27.4	-22 11	9.1	
13. 02 09.5	-08 22	8.7		07. 01 35.4	-22 08	8.4		1.01. 01 29.9	-21 39	9.1	
18. 02 08.4	-09 46	8.6		12. 01 32.1	-22 44	8.5					
23. 02 06.7	-11 13	8.5		17. 01 29.2	-23 11	8.6					

4 Vesta

szembenállás: 03.26.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01.	12 34.6	+03 43	7.6	3.07.	12 56.7	+06 39	6.2	5.11.	12 11.9	+10 34	6.6
06.	12 39.7	+03 31	7.5	12.	12 53.6	+07 18	6.1	16.	12 11.7	+10 12	6.7
11.	12 44.4	+03 23	7.4	17.	12 49.9	+07 58	6.0	21.	12 12.1	+09 45	6.8
16.	12 48.6	+03 19	7.3	22.	12 45.8	+08 36	5.9	26.	12 13.3	+09 14	6.9
21.	12 52.4	+03 19	7.2	27.	12 41.4	+09 12	5.9	31.	12 15.1	+08 39	6.9
26.	12 55.6	+03 24	7.1	4.01.	12 36.8	+09 45	5.9	6.05.	12 17.6	+08 00	7.0
31.	12 58.2	+03 33	7.0	06.	12 32.2	+10 13	6.0	10.	12 20.7	+07 18	7.1
2.05.	13 00.1	+03 47	6.9	11.	12 27.8	+10 35	6.0	15.	12 24.3	+06 33	7.2
10.	13 01.4	+04 05	6.8	16.	12 23.7	+10 51	6.1	20.	12 28.4	+05 45	7.2
15.	13 01.9	+04 28	6.7	21.	12 20.1	+11 01	6.2	25.	12 32.9	+04 55	7.3
20.	13 01.7	+04 56	6.6	26.	12 17.0	+11 03	6.3	30.	12 37.9	+04 03	7.3
25.	13 00.8	+05 27	6.5	5.01.	12 14.6	+11 00	6.4				
3.02.	12 59.1	+06 02	6.3	06.	12 12.9	+10 50	6.5				

6 Hebe

szembenállás: 2004.01.12.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
10.03.	07 18.0	+09 12	10.0	11.07.	07 53.4	+06 56	9.7	12.12.	07 55.3	+06 45	9.1
08.	07 24.6	+08 51	10.0	12.	07 56.0	+06 42	9.6	17.	07 52.4	+07 03	9.0
13.	07 30.8	+08 30	10.0	17.	07 57.9	+06 32	9.5	22.	07 48.8	+07 27	8.9
18.	07 36.5	+08 09	9.9	22.	07 59.0	+06 26	9.5	27.	07 44.6	+07 56	8.8
23.	07 41.6	+07 48	9.9	27.	07 59.3	+06 23	9.4	1.01.	07 39.9	+08 31	8.8
28.	07 46.2	+07 29	9.8	12.02.	07 58.7	+06 25	9.3				
11.02.	07 50.1	+07 11	9.7	07.	07 57.4	+06 32	9.2				

8 Flora

szembenállás: 06.20.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
5.21.	18 23.4	-18 41	10.0	6.15.	18 02.2	-19 21	9.3	7.10.	17 35.0	-20 21	9.6
26.	18 20.4	-18 46	9.9	20.	17 56.6	-19 32	9.2	15.	17 30.5	-20 35	9.7
31.	18 16.8	-18 53	9.8	25.	17 50.9	-19 44	9.3	20.	17 26.8	-20 48	9.8
6.05.	18 12.4	-19 01	9.6	30.	17 45.3	-19 56	9.4	25.	17 23.8	-21 02	9.9
10.	18 07.6	-19 10	9.5	7.05.	17 39.9	-20 08	9.5	30.	17 21.6	-21 16	10.0

9 Metis

szembenállás: 05.21.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
5.01.	16 14.5	-19 14	10.2	5.16.	16 00.4	-19 02	9.8	5.31.	15 44.8	-18 45	9.9
06.	16 10.2	-19 11	10.0	21.	15 55.2	-18 56	9.6	6.05.	15 39.9	-18 39	10.0
11.	16 05.4	-19 07	9.9	26.	15 49.9	-18 51	9.7	10.	15 35.4	-18 35	10.1

11 Parthenope

szembenállás: 03.03.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
2.25.	11 06.1	+10 20	10.2	3.07.	10 57.2	+11 31	10.1				
3.02.	11 01.7	+10 56	10.0	12.	10 52.7	+12 04	10.2				

12 Victoria

szembenállás: 06.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
5.01.	17 34.7	-21 14	10.0	6.10.	17 14.2	-16 00	8.8	7.20.	16 50.2	-12 24	9.6
06.	17 34.9	-20 41	9.8	15.	17 09.6	-15 19	8.8	25.	16 50.7	-12 19	9.7
11.	17 34.2	-20 06	9.7	20.	17 05.0	-14 41	8.9	30.	16 52.2	-12 17	9.8
16.	17 32.6	-19 28	9.5	25.	17 00.8	-14 07	9.0	8.04.	16 54.6	-12 20	9.9
21.	17 30.2	-18 48	9.4	30.	16 57.1	-13 37	9.1	09.	16 57.9	-12 25	10.0
26.	17 27.0	-18 07	9.2	7.05.	16 54.1	-13 11	9.2	14.	17 02.0	-12 33	10.1
31.	17 23.2	-17 24	9.0	10.	16 51.9	-12 50	9.4				
6.05.	17 18.9	-16 42	8.9	15.	16 50.6	-12 35	9.5				

13 Egeria

szembenállás: 10.26.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
10.18.	02 19.5	+07 41	10.2	10.28.	02 08.6	+07 50	10.0	11.07.	01 57.5	+08 03	10.2
23.	02 14.1	+07 45	10.1	11.02.	02 03.0	+07 56	10.1				

14 Irene

szembenállás: 12.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
11.22.	05 33.6	+20 27	10.2	12.07.	05 19.2	+20 59	9.7	12.22.	05 02.9	+21 32	9.9
27.	05 29.2	+20 37	10.1	12.	05 13.8	+21 10	9.6	27.	04 57.8	+21 43	10.0
12.02.	05 24.4	+20 48	9.9	17.	05 08.3	+21 21	9.7	1.01.	04 53.1	+21 54	10.1

15 Eunomia

szembenállás: 2004.02.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
11.17.	09 48.7	+10 58	10.2	12.07.	09 59.5	+08 33	10.0	12.27.	10 00.5	+06 43	9.7
22.	09 52.3	+10 19	10.2	12.	10 00.8	+08 01	9.9	1.01.	09 59.1	+06 23	9.6
27.	09 55.2	+09 42	10.1	17.	10 01.4	+07 32	9.9				
12.02.	09 57.7	+09 06	10.1	22.	10 01.3	+07 06	9.8				

20 Massalia

szembenállás: 2002.12.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.01. 04 46.9	+21 17	9.0		1.21. 04 40.4	+21 08	9.5		2.10. 04 48.7	+21 29	10.0	
06. 04 43.9	+21 12	9.2		26. 04 41.1	+21 11	9.6		15. 04 52.9	+21 37	10.1	
11. 04 41.8	+21 08	9.3		31. 04 42.8	+21 15	9.8		20. 04 57.8	+21 46	10.2	
16. 04 40.6	+21 07	9.4		2.05. 04 45.3	+21 21	9.9					

29 Amphitrite

szembenállás: 11.29.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.18. 04 33.4	+27 47	10.2		10.28. 04 41.5	+30 39	9.4		12.07. 04 03.9	+30 49	8.9	
23. 04 37.1	+28 12	10.1		11.02. 04 38.7	+30 53	9.3		12. 03 58.8	+30 34	9.0	
28. 04 40.1	+28 37	10.1		07. 04 35.1	+31 04	9.2		17. 03 54.3	+30 16	9.1	
10.03. 04 42.3	+29 00	10.0		12. 04 30.8	+31 11	9.1		22. 03 50.5	+29 58	9.2	
08. 04 43.9	+29 23	9.9		17. 04 25.9	+31 15	9.0		27. 03 47.4	+29 39	9.4	
13. 04 44.6	+29 44	9.8		22. 04 20.5	+31 14	8.9		1.01. 03 45.2	+29 21	9.5	
18. 04 44.4	+30 04	9.7		27. 04 14.9	+31 10	8.8					
23. 04 43.4	+30 23	9.5		12.02. 04 09.3	+31 01	8.8					

40 Harmonia

szembenállás: 05.03.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
4.16. 15 06.0	-11 15	10.2		5.01. 14 52.1	-10 20	9.8		5.16. 14 37.0	-09 34	10.0	
21. 15 01.8	-10 57	10.1		06. 14 47.0	-10 03	9.8		21. 14 32.4	-09 23	10.1	
26. 14 57.1	-10 39	9.9		11. 14 41.9	-09 47	9.9		26. 14 28.3	-09 16	10.3	

511 Davida

szembenállás: 01.01.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.01. 06 47.9	+19 48	9.5		1.16. 06 34.7	+21 44	9.9		1.31. 06 24.9	+23 29	10.2	
06. 06 43.4	+20 27	9.6		21. 06 30.9	+22 21	10.0		2.05. 06 22.9	+24 01	10.4	
11. 06 38.9	+21 06	9.7		26. 06 27.6	+22 56	10.1		10. 06 21.6	+24 30	10.5	

Üstökösök

154P/Brewington

szembenállás: 2002.07.30.
földközelen: 2002.08.25. 1.568 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	22 12.59	−06 23.2	1.682	2.083	53	10.9
11.	22 34.98	−02 57.1	1.650	2.115	49	10.7
21.	22 58.32	+00 37.8	1.624	2.146	46	10.5
31.	23 22.60	+04 19.2	1.605	2.178	43	10.4
02.10.	23 47.83	+08 04.2	1.594	2.211	40	10.3
20.	00 14.04	+11 49.1	1.590	2.247	38	10.3
03.02.	00 41.26	+15 29.7	1.595	2.287	36	10.4
12.	01 09.52	+19 01.7	1.607	2.333	34	10.5
22.	01 38.81	+22 20.3	1.627	2.384	32	10.7
04.01.	02 09.07	+25 21.3	1.653	2.441	30	11.0

C/2001 RX14 (LINEAR)

szembenállás: 03.11.
földközelen: 02.24. 1.219 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	11 59.76	+46 04.1	2.069	1.465	114	10.5
11.	12 08.44	+45 32.2	2.060	1.393	119	10.4
21.	12 12.05	+44 57.8	2.058	1.331	125	10.3
31.	12 10.36	+44 14.0	2.063	1.279	131	10.2
02.10.	12 03.61	+43 10.0	2.075	1.242	137	10.1
20.	11 52.84	+41 34.3	2.094	1.222	142	10.1
03.02.	11 39.78	+39 18.8	2.119	1.222	146	10.2
12.	11 26.55	+36 22.2	2.150	1.247	147	10.3
22.	11 15.08	+32 52.3	2.188	1.297	145	10.5
04.01.	11 06.55	+29 02.6	2.231	1.372	140	10.7
11.	11 01.40	+25 06.8	2.278	1.471	133	10.9
21.	10 59.53	+21 15.6	2.331	1.593	126	11.2
05.01.	11 00.53	+17 35.6	2.387	1.733	119	11.5
11.	11 03.94	+14 09.4	2.448	1.890	112	11.8
21.	11 09.27	+10 57.3	2.512	2.059	105	12.1
31.	11 16.12	+07 58.3	2.578	2.239	98	12.4
06.10.	11 24.19	+05 10.9	2.648	2.427	91	12.7
20.	11 33.20	+02 33.5	2.720	2.620	85	12.9

C/2001 HT50 (LINEAR-NEAT)

szembenállás: 01.20.
földközelen: 02.01. 2.314 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	08 59.11	−05 48.9	3.383	2.604	136	11.9
11.	08 35.11	−05 02.6	3.328	2.451	148	11.7
21.	08 07.84	−03 47.8	3.276	2.352	156	11.5
31.	07 39.07	−02 07.4	3.225	2.315	153	11.4
02.10.	07 11.11	−00 10.0	3.177	2.341	142	11.4
20.	06 45.96	+01 53.0	3.130	2.422	128	11.4
03.02.	06 24.84	+03 51.7	3.087	2.547	114	11.4
12.	06 08.08	+05 40.5	3.045	2.701	101	11.5
22.	05 55.42	+07 17.2	3.006	2.872	88	11.6
04.01.	05 46.30	+08 41.9	2.970	3.046	76	11.6
11.	05 40.10	+09 55.8	2.937	3.216	65	11.7
21.	05 36.22	+11 00.4	2.907	3.373	55	11.8
05.01.	05 34.16	+11 56.8	2.881	3.511	45	11.8

65P/Gunn

szembenállás: 07.02.
földközelen: 06.25. 1.455 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	16 00.08	−17 36.1	2.574	3.267	39	13.7
11.	16 18.29	−18 43.1	2.556	3.164	44	13.6
21.	16 36.43	−19 42.9	2.539	3.055	50	13.5
31.	16 54.40	−20 35.9	2.524	2.939	56	13.4
02.10.	17 12.03	−21 22.2	2.509	2.817	62	13.2
20.	17 29.17	−22 02.6	2.496	2.692	68	13.1
03.02.	17 45.65	−22 38.1	2.485	2.563	74	13.0
12.	18 01.23	−23 09.9	2.475	2.433	81	12.8
22.	18 15.71	−23 39.7	2.466	2.303	87	12.7
04.01.	18 28.84	−24 09.3	2.459	2.174	94	12.5
11.	18 40.32	−24 41.0	2.453	2.049	102	12.4
21.	18 49.86	−25 16.7	2.449	1.928	109	12.3
05.01.	18 57.15	−25 58.6	2.447	1.815	117	12.1
11.	19 01.85	−26 48.1	2.446	1.712	126	12.0
21.	19 03.74	−27 45.6	2.447	1.623	135	11.9
31.	19 02.67	−28 49.9	2.449	1.549	145	11.8
06.10.	18 58.76	−29 57.8	2.453	1.495	155	11.7
20.	18 52.51	−31 04.5	2.458	1.463	165	11.7

116P/Wild 4

szembenállás: 05.14.
földközelen: 05.06. 1.294 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	14 00.06	-11 22.1	2.175	2.339	68	12.8
11.	14 17.41	-13 04.3	2.171	2.229	74	12.7
21.	14 34.00	-14 38.5	2.170	2.118	80	12.5
31.	14 49.62	-16 04.2	2.171	2.007	86	12.4
02.10.	15 03.95	-17 20.9	2.174	1.898	92	12.3
20.	15 16.66	-18 28.7	2.180	1.791	99	12.2
03.02.	15 27.37	-19 27.7	2.188	1.688	107	12.1
12.	15 35.66	-20 17.9	2.198	1.592	115	12.1
22.	15 41.15	-20 59.6	2.211	1.504	123	12.0
04.01.	15 43.53	-21 32.4	2.225	1.427	132	12.0
11.	15 42.67	-21 55.9	2.242	1.365	142	11.9
21.	15 38.78	-22 09.6	2.260	1.320	153	12.0
05.01.	15 32.47	-22 13.1	2.281	1.296	164	12.0
11.	15 24.73	-22 07.4	2.303	1.296	174	12.1
21.	15 16.85	-21 55.3	2.327	1.320	172	12.3
31.	15 10.03	-21 40.5	2.352	1.369	162	12.5
06.10.	15 05.23	-21 27.7	2.379	1.440	151	12.7
20.	15 02.99	-21 20.5	2.407	1.532	141	13.0

2P/Encke

szembenállás: 10.18.
földközelen: 11.17. 0.260 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
10.03.	02 14.47	+34 40.6	1.654	0.750	141	12.9
08.	02 04.90	+36 22.1	1.590	0.665	145	12.2
13.	01 51.19	+38 12.0	1.525	0.584	148	11.5
18.	01 31.80	+40 07.6	1.458	0.510	149	10.8
23.	01 04.60	+42 00.2	1.389	0.442	148	10.1
28.	00 26.97	+43 30.1	1.318	0.382	143	9.3
11.02.	23 36.81	+43 57.8	1.244	0.332	134	8.6
07.	22 35.01	+42 23.1	1.168	0.293	121	7.9
12.	21 28.11	+37 51.1	1.090	0.269	105	7.4
17.	20 25.52	+30 26.5	1.009	0.261	87	6.9
22.	19 32.83	+21 27.6	0.925	0.268	67	6.6
27.	18 50.26	+12 27.6	0.839	0.291	52	6.4
12.02.	18 15.71	+04 21.3	0.750	0.327	37	6.4
07.	17 47.29	-02 36.4	0.658	0.378	24	6.4

29P/Schwassmann-Wachmann 1

szembenállás: 08.30.
földközélen: 08.31. 4.736 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
04.01.	22 18.09	−08 18.3	5.767	6.527	38	*
11.	22 24.64	−07 31.8	5.765	6.422	46	
21.	22 30.67	−06 47.0	5.763	6.301	54	
05.01.	22 36.11	−06 04.5	5.761	6.167	62	
11.	22 40.87	−05 25.0	5.759	6.022	70	
21.	22 44.87	−04 49.1	5.758	5.870	79	
31.	22 48.03	−04 17.4	5.756	5.713	87	
06.10.	22 50.26	−03 50.4	5.754	5.555	96	
20.	22 51.52	−03 28.9	5.753	5.400	105	
30.	22 51.75	−03 13.2	5.751	5.252	115	
07.10.	22 50.93	−03 03.8	5.750	5.115	124	
20.	22 49.09	−03 00.7	5.749	4.994	134	
30.	22 46.32	−03 03.8	5.747	4.892	144	
08.09.	22 42.74	−03 12.6	5.746	4.813	155	
19.	22 38.57	−03 26.3	5.745	4.761	165	
29.	22 34.04	−03 43.6	5.743	4.738	174	
09.08.	22 29.46	−04 03.0	5.742	4.744	171	
18.	22 25.13	−04 22.8	5.741	4.781	161	
28.	22 21.33	−04 41.4	5.740	4.846	151	
10.08.	22 18.30	−04 57.3	5.739	4.936	140	
18.	22 16.22	−05 09.2	5.738	5.049	130	
28.	22 15.21	−05 16.2	5.737	5.181	120	
11.07.	22 15.31	−05 17.6	5.736	5.326	110	
17.	22 16.52	−05 13.2	5.735	5.481	100	
27.	22 18.80	−05 02.8	5.734	5.641	90	
12.07.	22 22.08	−04 46.4	5.733	5.800	81	
17.	22 26.23	−04 24.4	5.732	5.956	72	
27.	22 31.18	−03 57.0	5.731	6.105	63	

* Az üstökös 15–16^m-s alapfényességről rendszertelen időközönként 13–11^m-ra fényesedik.

2001 üstökösei

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/1996 A2 (SOHO)	R. Gorelli	SOHO	01.14.		
C/1996 B4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	01.21.		
C/1996 B5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	01.29.		
C/1996 R4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	09.14.		
C/1996 V1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.08.		
C/1996 Y2 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	12.29.		
C/1997 G7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.08.		
C/1997 H4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.21.		
C/1997 H5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.29.		
C/1997 K7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.31.		
C/1997 W3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.24.		
C/1998 A2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	01.03.		
C/1998 A3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	01.09.		
C/1998 A4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	01.10.		
C/1998 H5 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	04.20.		
C/1998 H6 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	04.20.		
C/1999 F3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	03.17.		
C/1999 H8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.19.		
C/1999 H9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.26.		
C/1999 J13 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.13.		
C/1999 K16 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.26.		
C/1999 K17 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.27.		
C/1999 L9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.09.		
C/1999 M3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.30.		
C/1999 N5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	07.10.		
C/1999 N6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	07.12.		
C/1999 P6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.05.		
C/1999 P7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.12.		
C/1999 P8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.15.		
C/1999 P9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.15.		
C/1999 W2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.26.		
C/2000 B8 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	01.16.		
C/2000 H6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.26.		
C/2000 H7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.28.		
C/2000 J8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.06.		
C/2001 A1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.07.	0.99T	17.7
C/2001 A2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.03.	0.99T	19.0
C/2001 A3 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	01.07.		
C/2001 A4 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	01.14.		
C/2001 B1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.22.	0.99T	17.7
C/2001 B2 (NEAT)	NEAT	Haleakala	01.24.	1.22T	15.5

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2001 B3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	01.24.		
C/2001 BB50 (LINEAR–NEAT)	LINEAR	Socorro	01.21.	0.99T	19.5
	NEAT	Haleakala	03.20.	1.22T	18.4
C/2001 C1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.01.	0.99T	18.9
C/2001 C2 (SOHO)	S. Hönig				
	X.-M. Zhou	SOHO	02.06.		4.0
C/2001 C3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	02.03.		
C/2001 C4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	02.08.		
C/2001 C5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	02.13.		5.4
C/2001 C6 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	02.13.		
C/2001 CV8 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.01.	0.99T	19.0
C/2001 E1 (SOHO)	M. Oates	SOHO	03.15.		
P/2001 F1 (NEAT)	NEAT	Haleakala	03.20.	1.22T	19.7
C/2001 F2 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	03.25.		
C/2001 G1 (LONEOS)	M. Van Ness	Flagstaff	04.01.	0.59S	17.4
C/2001 G2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	04.07.		
C/2001 G3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.10.		
C/2001 H1 (SOHO)	M. Oates	SOHO	04.20.		
C/2001 H2 (SOHO)	T. Scarmato				
	X. Leprette	SOHO	04.20.		
C/2001 H3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	04.20.		
C/2001 H4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	04.20.		
P/2001 H5 (NEAT)	NEAT	Palomar	04.24.	1.22S	16.8
C/2001 H6 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	04.26.		
C/2001 H7 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	04.30.		
C/2001 HT50 (LINEAR–NEAT)	LINEAR	Socorro	04.23.	0.99T	18.4
	NEAT	Palomar	05.14.	1.22S	18.3
P/2001 J1 (NEAT)	NEAT	Haleakala	05.11.	1.22T	19.9
C/2001 J2 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	05.05.		
C/2001 J3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.06.		
C/2001 J4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	05.10.		
P/2001 K1 (NEAT)	NEAT	Haleakala	05.20.	1.22T	18.7
C/2001 K2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.19.		
C/2001 K3 (Skiff)	B. Skiff	Flagstaff	05.22.	0.59S	16.0
C/2001 K4 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	05.22.		
C/2001 K5 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.17.	0.99T	16.7
C/2001 K6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	05.23.		
C/2001 K7 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	05.23.		
C/2001 K8 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	05.29.		
C/2001 K9 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	05.24.		
C/2001 L1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.02.		
C/2001 L2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.04.		
C/2001 L3 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	06.04.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2001 L4 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	06.05.		
C/2001 L5 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.05.		
C/2001 L6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.08.		
C/2001 L7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.09.		
C/2001 L8 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.10.		
C/2001 L9 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	06.13.		
P/2001 M1 (Helin)	DANEOPS Team	Calar Alto	06.20.	1.52T	20
C/2001 M2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.16.		
C/2001 M3 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	06.16.		
C/2001 M4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.19.		
C/2001 M5 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	06.20.		
C/2001 M6 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	06.21.		
C/2001 M7 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	06.25.		
C/2001 M8 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.26.		
C/2001 M9 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.26.		
C/2001 M10 (NEAT)	NEAT	Palomar	06.20.	1.22S	19.5
C/2001 M11 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.27.		
P/2001 MD7 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	06.21.	0.99T	17.6
C/2001 N1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	07.05.		
C/2001 N2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	07.11.	0.99T	18.1
C/2001 O1 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	07.16.		
C/2001 O2 (NEAT)	NEAT	Haleakala	07.25.	1.22T	19.3
C/2001 OG108 (LONEOS)	LONEOS	Flagstaff	07.28.	0.59S	18.7
C/2001 P1 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	08.04.		
C/2001 P2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	08.15.		
C/2001 Q1 (NEAT)	NEAT	Palomar	08.17.	1.22S	18.8
P/2001 Q2 (Petriew)	V. Petriew	Cypress Hills	08.18.	0.51T	11.0
C/2001 Q3 (SOHO)	C. Dong	SOHO	08.25.		8
C/2001 Q4 (NEAT)	NEAT	Palomar	08.24.	1.22S	20.0
P/2001 Q5 (LINEAR– NEAT)	LINEAR	Socorro	08.17.	0.99T	18.8
	NEAT	Palomar	08.28.	1.22S	17.3
P/2001 Q6 (NEAT)	NEAT	Palomar	08.28.	1.22S	17.6
C/2001 Q7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.21.		8
P/2001 R1 (LONEOS)	LONEOS	Flagstaff	09.10.	0.59S	17.6
C/2001 R2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	09.03.		3
C/2001 R3 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	09.05.		
C/2001 R4 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	09.08.		
C/2001 R5 (SOHO)	D. Johnson	SOHO	09.10.		
P/2001 R6 (LINEAR– Skiff)	LINEAR	Socorro	09.11.	0.99T	19.4
	B. Skiff	Flagstaff	09.25.	0.59S	17.0
C/2001 RX14 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	09.10.	0.99T	18.8
C/2001 S1 (Skiff)	B. Skiff	Flagstaff	09.26.	0.59S	19.7
C/2001 S2 (SOHO)	M. Oates	SOHO	09.28.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2001 T1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.09.		
C/2001 T2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.12.		
P/2001 T3 (NEAT)	NEAT	Palomar	10.14.	1.22S	18.4
C/2001 T4 (NEAT)	NEAT	Palomar	10.15.	1.22S	20.3
C/2001 T5 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	10.14.		
C/2001 T6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.15.		
C/2001 T7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.06.		
P/2001 TU80 (LINEAR– NEAT)	LINEAR	Socorro	10.13.	0.99T	19.8
	NEAT	Palomar	11.16.	1.22S	17.9
C/2001 U1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.16.		
C/2001 U2 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.17.		
C/2001 U3 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.17.		
C/2001 U4 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.17.		
C/2001 U5 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	10.18.		
C/2001 U6 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.29.	0.99T	19.5
C/2001 U7 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.18.		
C/2001 U8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.18.		
C/2001 U9 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	10.22.		
C/2001 U10 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.31.		
C/2001 V1 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	11.01.		
C/2001 V2 (SOHO)	A. Mimeev				
	M. Mimeev	SOHO	11.04.		
C/2001 V3 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	11.11.		
C/2001 V4 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	11.12.		
C/2001 V5 (SOHO)	A. Mimeev	SOHO	11.14.		
C/2001 W1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	11.17.	0.99T	19.2
C/2001 W2 (BATTeRS)	BATTeRS	Bisei	11.21.	0.50T	13.8
C/2001 W3 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	11.22.		
C/2001 W4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	11.26.		
P/2001 WF2 (LONEOS)	LONEOS	Flagstaff	11.17.	0.59S	18.2
C/2001 X1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	12.13.	0.99T	16.5
C/2001 X2 (Scotti)	J. Scotti	Kitt Peak	12.14.	0.91Sw	19.3
11P/2001 X3 (Tempel– Swift – LINEAR)	LINEAR	Socorro	12.07.	0.99T	19.9
C/2001 X4 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	12.02.		
C/2001 X5 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	12.04.		
C/2001 X6 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	12.06.		
C/2001 X7 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.07.		
C/2001 X8 (SOHO)	A. Mimeev	SOHO	12.12.		
C/2001 X9 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	12.12.		
P/2001 Y1 (Helin– Lawrence)	C. Hergenrother				
	D. Meand	Kitt Peak	01.23.	2.29T	21.5
	T. Oribe	Saji	12.24.	1.03T	19.5

jelölés	felfedező	a felfedezés		<i>m</i>
		helye	dátuma műszere	
P/2001 YX127 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	12.17. 0.99T	20.2
C/2001 Y2 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	12.16.	
C/2001 Y3 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	12.16.	
C/2001 Y4 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	12.18.	
C/2001 Y5 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	12.21.	
45P/Honda—Mrkos —Pajdusáková	C. Delahodde O. Hainaut K. Kadota	La Silla Ageo	e07.27. 3.57T 04.04. 0.18T	10.5
86P/Wild 3	A. Gleason J. Scotti	Kitt Peak	04.17. 0.91Sw	
89P/Russell 2	R. Gill-Hutton P. Benavidez R. Gill-Hutt	El Leoncito	04.26. 2.15T	21.3
51P/Harrington 16P/Brooks 2	P. Benavidez K. Kadota C. Delahodde O. Hainaut K. Kadota	El Leoncito Ageo	04.26. 2.15T 07.01. 0.18T	
90P/Gehrels 1	C. Delahodde O. Hainaut C. Delahodde K. Sárneckzy Gy. Szabó K. Sziládi	La Silla Ageo	e07.27. 3.57T 07.12. 0.18T	16.1
39P/Oterma 30P/Reinmuth 1 96P/Machholz 1	Y. Fernandez T. Oribe R. Salvo F. Artigue	Calar Alto Mauna Kea Saji Los Molinos	08.16. 1.23T 08.13. 2.24T 09.22. 1.03T 12.17. 0.35T	
				20.8
				21
				22.0
				20.3

A táblázat első része a 2001-ben felfedezett, valamint a SOHO napkutató szonda archív felvételein 2001-ben azonosított üstökösöket tartalmazza. Az új felfedezések mellett azok az üstökösök is szerepelnek, melyek első visszatérését 2001-ben észlelték. A felfedezés dátuma előtti *e* betűjel arra utal, hogy az első észlelés 2000-ben történt. Az ideiglenes jelölés és a név után a felfedező vagy újrafelfedező neve, a felfedezés helye, időpontja és műszere, valamint a felfedező által megadott összfényesség (SOHO-üstökösöknél a maximális észlelt fényesség) szerepel. A P/ jelölés 25 évnél rövidebb keringési időt jelez. A műszer rovatban az objektívtávcső méterben adtuk meg. B = binokulár, L = lencsés távcső, T = tükrös távcső, S = Schmidt-teleszkóp, Sw = 0.91 m-es Spacewatch kamera. A második rész a régóta ismert, több napközelség során megfigyelt üstökösöket tartalmazza. Itt a P/ előtt álló szám az IAU által 1994-ben kiadott hivatalos sorsszám.

Meteorrajok

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v		radiáns			vándorlása	
				$\frac{\text{km}}{\text{s}}$		RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Quadrantidák	QUA	01.01–05.	01.03.	42	230	49	283	0.80	–0.20	
Nü Aurigidák	NUA	01.01–10.	01.05.		87	35	285			
Delta Cancridák	DCA	01.05–24.	01.14.	28	126	20	294	0.90	–0.10	
Alfa Canis Maioridák	ACM	01.03–02.02.	01.15.		105	–17	295			
Gamma Corvidák	GCO	01.08–29.	01.22.		185	–18	302			
Alfa Hydridák	AHY	01.05–02.14.	01.24.		140	–10	304			
Alfa Leonidák	ALE	12.28–02.13.	01.29.		159	6	309			
Pszí Leonidák	PLE	01.14–02.23.	01.29.		143	17	309			
Alfa Aurigidák	AAU	01.15–02.20.	02.10.		74	43	321			
Delta Leonidák	DLE	02.05–03.19.	02.26.	23	159	19	338	0.75	–0.50	
Virginidák	VIR	02.03–04.15.	03.10.	35	186	0	350	0.81	–0.33	
Zéta Bootidák	DBO	03.05–15.	03.12.		218	12	352			
Cameloparidák	CAM	03.14–04.07.	03.19.	7	119	68	359	1.35	0.51	
Delta Draconidák	DDR	03.28–04.17.	04.04.	27	281	68	14			
Kappa Serpentidák	KSE	04.01–07.	04.04.	45	230	18	14			
Szigma Leonidák	SLE	03.21–05.13.	04.17.	20	195	–5	27	0.44	0.11	
Áprilisi Lyridák	LYR	04.16–25.	04.22.	48	271	34	32	1.10	0.00	
Mű Virginidák	MVI	04.01–05.12.	04.25.	29	221	–5	35	0.53	–0.30	
Alfa Bootidák	ABO	04.14–05.12.	04.28.	20	218	19	38	0.90	–0.10	
Fi Bootidák	FBO	04.16–05.12.	04.30.	12	240	51	40			
Alfa Scorpiidák	ASC	03.26–06.04.	05.03.	35	240	–22	43	0.90	–0.10	
Éta Aquaridák	ETA	04.19–05.28.	05.04.	66	336	–2	44	0.90	0.40	
Májusi Capricornidák	ACA	04.19–05.26.	05.08.		305	–13	48			
Gamma Capricornidák	GCA	04.26–05.25.	05.11.		326	–17	50			
Északi Ophiuchidák	NOP	04.25–05.31.	05.13.	30	249	–14	52	0.90	–0.10	
Alfa Coronidák	ACO	05.01–31.			231	27	49			
Májusi Ursidák	UMI	05.05–06.06.	05.16.		233	76	55			
Déli Ophiuchidák	SOP	05.10–29.	05.20.	30	258	–24	59	0.90	–0.10	
Tau Herculidák	THE	05.19–06.14.	06.03.	15	228	39	72	–0.10	0.90	
Khi Scorpiidák	CSC	05.24–06.20.	06.05.	21	247	–13	74	0.90	–0.10	
Théta Ophiuchidák	TOP	06.04–16.	06.13.	27	267	–20	82	0.90	0.00	
Júniusi Lyridák	JLY	06.11–21.	06.16.	31	278	35	85	0.80	0.00	
Corvidák	COR	06.25–30.	06.26.	10	192	–19	95			
Rho Sagittaridák	RSA	06.15–07.08.	06.27.		293	–17	96			
Tau Cetidák	CET	06.18–07.04.	06.27.		24	–12	96			
Júniusi Bootidák	JBO	06.27–28.	06.28.	14	219	49	99			
Tau Aquaridák	TAQ	06.19–07.05.	06.30.		343	–12	99			
Alfa Cygnidák	ACG	07.01–09.30.	07.15.		315	48	113			
Omikron Draconidák	ODR	07.07–24.	07.16.	24	271	59	114			
Piscis Austrinidák	PAU	07.09–08.17.	07.28.	35	341	–30	125	1.00	0.20	
Déli Delta Aquaridák	SDA	07.08–08.19.	07.29.	41	333	–17	126	0.80	0.18	
Alfa Capricornidák	CAP	07.03–08.25.	07.30.	23	307	–10	127	0.90	0.30	
Déli Iota Aquaridák	SIA	07.15–08.25.	08.05.	34	333	–15	133	1.07	0.18	

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	radiáns				vándorlása	
				v km/s	RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Cassiopeidák	CAS	08.01–31.		31	18	59	137		
Északi Delta Aquaridák	NDA	07.14–08.25.	08.12.	42	339	–5	139	1.00	0.20
Perseidák	PER	07.21–08.24.	08.12.	59	46	57	139	1.35	0.12
Kappa Cygnidák	KCG	08.03–08.31.	08.18.	25	286	59	145		
Északi Iota Aquaridák	NIA	08.11–09.20.	08.20.	31	327	–6	147	1.03	0.13
Pi Eridanidák	ERI	08.20–09.05.	08.28.	59	52	–15	155	0.80	0.20
Déli Éta Cetidák	SEC	08.22–09.08.	08.31.		15	–20	158		
Aurigidák	AUR	08.24–09.05.	09.01.	66	85	42	159	1.10	0.00
Északi Éta Cetidák	NEC	08.14–09.15.	09.02.		20	–12	159		
Epszilon Eridanidák	EER	09.09–12.	09.10.		57	–12	167		
Kappa Aquaridák	KAQ	09.08–30.	09.21.	16	339	–2	178	1.00	0.20
Déli Piscidák	SPI	08.15–10.14.	09.24.	26	8	0	181	0.90	0.20
Októberi Capricornidák	OCC	09.20–10.14.	10.03.	15	303	–10	190	0.80	0.20
Andromedidák	AND	09.25–11.12.	10.03.	18	20	34	190	0.38	0.66
Szigma Orionidák	SOR	09.10–10.26.	10.05.	65	86	–3	192	1.20	0.00
Giacobinidák	GIA	10.06–10.	10.09.	20	262	54	196		
Északi Piscidák	NPI	09.25–10.19.	10.12.	29	26	14	199		
Epszilon Geminidák	EGE	10.14–27.	10.19.	69	104	27	206	1.00	0.00
Orionidák	ORI	10.02–11.07.	10.21.	66	95	16	208	1.23	0.13
Leo Minoridák	LMI	10.22–24.	10.24.	62	162	37	211		
Déli Tauridák	STA	09.15–11.26.	11.03.	27	51	14	221	0.79	0.15
Pegasidák	PEG	10.29–11.12.	11.12.	11	335	21	230		
Északi Tauridák	NTA	09.13–12.01.	11.13.	29	58	22	231	0.76	0.10
Leonidák	LEO	11.14–21.	11.17.	71	152	22	235	0.70	–0.42
Delta Eridanidák	DER	11.06–29.	11.18.		58	–9	236		
Alfa Monocerotidák	AMO	11.06–29.	11.20.	60	117	–6	238	1.10	–0.10
Északi Khi Orionidák	ORN	11.16–12.15.	12.02.	28	82	23	250	1.20	0.00
Delta Arietidák	ARI	12.08–14.	12.09.	13	52	22	257		
Monocerotidák	MON	11.27–12.17.	12.10.	42	100	14	258	1.20	0.00
Szigma Hydridák	HYD	12.03–15.	12.11.	58	127	2	259	0.70	–0.20
Déli Khi Orionidák	ORS	12.07–14.	12.11.	26	85	16	259		
Geminidák	GEM	12.04–18.	12.14.	34	112	33	262	1.02	–0.07
Coma Berenicidák	COM	12.12–01.23.	12.17.	65	175	25	265	0.88	–0.45
Ursidák	URS	12.17–26.	12.22.	33	217	75	270		
Omega Canis Maioridák	OCM	12.17–01.04.	12.27.		108	–25	275		

A táblázatban megtalálható a raj hivatalos neve, nemzetközi betűkódja, az aktivitás időszaka, amikor célzottan érdemes megfigyelni, és a legnagyobb gyakoriság időpontja. A fizikai adatok: v a rajtagok átlagos mozgási sebessége a Földhöz képest, RA és D a radiáns egyenlítői koordinátái, SL a Nap geocentrikus ekliptikai hosszúsága a gyakorisági maximum idején, ΔRA és ΔD a radiáns vándorlásának sebessége fok/nap egységben.

Fogyatkozások, fedések

(Minden időadat UT-ben)

Napfogyatkozások:

5. 31. 1^h 46^m – 6^h 30^m

Gyűrűs napfogyatkozás, amely hazánkból részlegesként látható. A fogyatkozás sávja Északkelet-Afrikán, Európán, Észak-Ázsián, Grönlandon, Kanada északi területein és Alaszkán halad át. Hazánkból a fogyatkozás második fele figyelhető meg, a Nap röviddel a legnagyobb fázis időpontja előtt kel. A fogyatkozás adatait Magyarország nagyobb városaira a következő táblázat tartalmazza.

Város	λ ° ' "	φ ° ' "	T_{\max} h m	h_m °	T_2 h m	h_2 °	D
Békéscsaba	21 05	46 41	3 15.5	3	4 14.1	12	0.794
Budapest	19 05	47 30	3 17.7	3	4 16.3	12	0.810
Debrecen	21 38	47 32	3 16.5	4	4 15.5	13	0.799
Eger	20 23	47 54	3 17.7	4	4 16.6	13	0.807
Győr	17 38	47 41	3 18.9	2	4 17.2	11	0.818
Kaposvár	17 47	46 22	3 16.9	1	4 14.8	10	0.806
Kecskemét	19 41	46 54	3 16.6	3	4 15.0	12	0.802
Miskolc	20 47	48 06	3 17.8	4	4 16.8	13	0.807
Nyíregyháza	21 43	47 57	3 17.0	4	4 16.2	14	0.802
Pécs	18 13	46 05	3 16.2	1	4 14.1	10	0.801
Salgótarján	19 48	48 05	3 18.3	4	4 17.1	13	0.812
Szeged	20 09	46 15	3 15.4	2	4 13.7	12	0.794
Székesfehérvár	18 25	47 12	3 17.7	2	4 16.0	11	0.810
Szekszárd	18 42	46 21	3 16.3	2	4 14.4	11	0.802
Szolnok	20 09	47 08	3 16.6	3	4 15.3	12	0.802
Szombathely	16 38	47 13	3 18.8	1	4 16.8	10	0.818
Tatabánya	18 25	47 34	3 18.3	3	4 16.7	11	0.813
Veszprém	17 45	47 06	3 18.0	2	4 16.1	11	0.812
Zalaegerszeg	16 51	46 50	3 18.1	1	4 16.0	10	0.814

T_{\max} = a legnagyobb fázis, T_2 = az utolsó kontaktus időpontja,

h_m, h_2 = a Nap magassága a legnagyobb fázis, illetve az utolsó kontaktus idején,

D = a fogyatkozás nagysága napátmérőben kifejezve.

11. 23. 20^h 46^m – 11. 24. 0^h 52^m

Teljes napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja Ausztrálián, az Antarktiszon, a Csendes-óceánon és Dél-Amerika legdélebbi részén halad át.

Holdfogyatkozások:

5. 16. 1^h 05^m – 6^h 15^m

Teljes holdfogyatkozás, hazánkból a jelenség első fele látható, a Hold 3^h 13^m-kor nyugszik. Belépés a félárnyékba 1^h 05^m, belépés a teljes árnyékba 2^h 03^m, a teljes fogyatkozás

kezdetre $3^h 14^m$, a fogyatkozás közepe $3^h 40^m$, a teljes fogyatkozás vége $4^h 06^m$, kilépés a teljes árnyékból $5^h 17^m$, kilépés a félárnyékból $6^h 15^m$. A fogyatkozás nagysága 1.133.

11. 8. $22^h 15^m$ – 11. 9. $4^h 22^m$

Teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható. Belépés a félárnyékba $22^h 15^m$, belépés a teljes árnyékba $23^h 32^m$, a teljes fogyatkozás kezdete $1^h 06^m$, a fogyatkozás közepe $1^h 19^m$, a teljes fogyatkozás vége $1^h 31^m$, kilépés a teljes árnyékból $3^h 05^m$, kilépés a félárnyékból $4^h 22^m$. A fogyatkozás nagysága 1.022.

Merkúr-átvonulás:

5. 07. $5^h 13^m$ – $10^h 32^m$

A Merkúr az alsó együttállás során a Földről nézve átvonul a Nap korongja előtt. A jelenség hazánkból is látható, az adatok Magyarország közepes koordinátáira:

belépés, külső érintés	$5^h 11^m 7$	$P = 16^\circ$	$h = 18^\circ$,
belépés, belső érintés	$5^h 16^m 6$		
legkisebb szögtávolság	$7^h 52^m 5$	$d = 11' 43''$	$h = 44^\circ$.
kilépés, belső érintés	$10^h 27^m 9$		
kilépés, külső érintés	$10^h 32^m 3$	$P = 291^\circ$	$h = 59^\circ$.

A Hold bolygófedései

1.27.	15^h	Mars-fedés	10.06.	15^h	Mars-fedés
5.29.	04^h	Vénusz-fedés	10.26.	20^h	Vénusz-fedés
7.17.	08^h	Mars-fedés	11.25.	03^h	Merkúr-fedés
9.09.	13^h	Mars-fedés	12.12.	01^h	Ceres-fedés

Ezek közül Magyarországról egyik sem figyelhető meg.

A Hold csillagfedései

Az előrejelzések 10 cm-es távcsőátmérőre készültek.

UT = a jelenség előrejelzett időpontja UT-ben,

ZC = a csillag Zodiaca! Catalog szerinti száma,

név = ha csak szám áll, az a csillag SAO katalógusszáma,

m = a csillag fényessége,

J = jelenség: be = belépés, ki = kilépés,

a fázis = – jel esetén csökkenő, + jel esetén növekvő,

h = a Hold látóhatár feletti magassága,

C = a jelenség pozíciósöge a Hold terminátorának északi (É), illetve déli (D) csúcsától, negatív értéknél a világos, pozitívánál a sötét oldalon,

P = a jelenség pozíciósöge,

A = hosszúsági együtttható,

B = szélességi együtttható.

E két szám segítségével a (λ, φ) földrajzi koordinátájú megfigyelőhelyen a táblázatban előrejelzett t_0 időpont helyett az alábbi t időpontban várható a jelenség:

$$t = t_0 + (\lambda - 19^\circ 0')A + (\varphi - 47^\circ 5')B$$

A Hold csillagfedései

dátum	UT h m s	ZC	név	m	J	fázis	h °	C °	P °	A m/°	B m/°
1.05.	16 03 05	3160	190463	6.7	be	0.09+	13	82É	72	+1.0	-0.7
05.	16 15 15	3158	37 Cap	5.7	be	0.09+	12	46É	35	+0.4	+0.2
08.	17 01 00	3529	147017	6.5	be	0.32+	33	73É	52	+1.2	+0.4
16.	04 01 50	0882	132 Tau	5.0	be	0.94+	7	70É	71	-0.2	-0.9
16.	16 51 27	0977	78331	6.3	be	0.97+	32	72D	115	+0.8	+0.8
17.	03 02 40	1030	ε Gem	3.1	be	0.98+	25	83D	109	+0.0	-1.7
17.	03 58 48	1030	ε Gem	3.1	ki	0.98+	16	-75D	267	+0.0	-1.2
17.	16 58 20	1117	57 Gem	5.0	be	0.99+	24	37É	63	-0.1	+2.0
18.	03 46 00	1170	κ Gem	3.6	be	1.00+	27	42É	88	+0.3	-1.3
19.	20 01 59	1393	80809	6.5	ki	0.97-	33	90É	275	+0.7	+1.2
20.	20 26 25	1514	42 Leo	6.2	ki	0.92-	24	24D	218	+0.1	+6.1
21.	00 39 51	1535	99150	6.8	ki	0.92-	56	62D	257	+2.1	+0.9
21.	02 40 24	1544	46 Leo	5.4	ki	0.91-	52	64É	311	+1.0	-1.7
22.	00 03 00	1647	118813	6.7	ki	0.84-	44	69É	310	+1.1	-0.5
22.	02 33 52	1659	118859	6.7	ki	0.84-	51	29É	351	+0.3	-2.7
22.	05 14 45	1669	118892	6.7	ki	0.83-	34	48D	248	+1.6	-0.8
27.	03 33 13	2267	λ Lib	5.0	ki	0.30-	13	36É	336	+0.2	-0.6
2.03.	12 19 50	3349	τ ² Aqr	4.0	be	0.05+	29	46É	36	+1.1	+1.2
09.	21 45 36	0510	93473	6.8	be	0.54+	25	34É	20	+1.0	+1.6
09.	22 52 44	0517	93494	6.1	be	0.54+	14	77D	90	+0.0	-1.5
10.	20 36 10	0633	53 Tau	5.5	be	0.63+	46	83D	87	+1.3	-1.2
10.	22 06 09	0642	76564	6.8	be	0.63+	32	24D	147	-0.2	-5.6
11.	23 40 02	0789	77082	6.8	be	0.73+	26	65É	62	+0.6	-0.7
12.	18 41 20	0918	77918	7.0	be	0.80+	67	37É	39	+1.4	+2.9
13.	18 22 09	1068	78990	7.0	be	0.88+	59	88D	101	+1.6	+0.4
14.	01 24 57	1099	52 Gem	5.8	be	0.89+	28	45D	146	-0.4	-2.6
23.	03 18 54	2230	159402	6.7	ki	0.56-	22	30D	223	+4.3	+3.5
23.	04 20 26	2236	159421	6.9	ki	0.56-	23	72É	302	+1.4	-0.5
26.	08 26 17	2721	φ Sgr	3.2	ki	0.23-	14	79D	252	+1.5	-0.4
3.05.	18 29 37	0128	109556	7.0	be	0.06+	5	64É	49	+0.1	-0.2
07.	18 59 41	0355	92941	7.4	be	0.19+	21	61É	45	+0.6	+0.0
08.	19 46 33	0466	93335	7.3	be	0.27+	23	62É	47	+0.6	-0.1
09.	20 08 51	0595	76393	6.8	be	0.36+	29	82D	87	+0.6	-1.5
10.	21 13 21	0734	76812	6.5	be	0.45+	29	70É	63	+0.7	-0.7
13.	23 41 44	1170	κ Gem	3.6	be	0.76+	31	-3D	195	+1.7	-2.4
16.	18 33 43	1535	99150	6.8	be	0.96+	40	52D	161	+0.9	-1.9
16.	20 10 10	1544	46 Leo	5.4	be	0.96+	52	88É	121	+1.3	-0.4
20.	00 58 56	1920	139304	6.6	ki	0.96-	36	62D	258	+2.1	+0.0
22.	00 19 07	2182	26 Lib	6.2	ki	0.82-	21	68É	307	+1.0	+0.0
25.	01 34 37	2650	186612	4.7	ki	0.50-	3	75D	253	+1.2	+1.6

dátum	UT h m s	ZC	név	m	J	fázis	h °	C °	P °	A m/°	B m/°
4.06.	19 37 30	0688	76658	6.8	be	0.20+	24	39É	30	+1.0	+0.7
09.	23 04 09	1117	57 Gem	5.0	be	0.49+	17	10D	178	-2.1	-4.6
12.	20 10 48	1484	η Leo	3.5	be	0.79+	58	40É	64	+2.6	+1.1
12.	20 52 19	1484	η Leo	3.5	ki	0.79+	55	-28É	356	-0.1	-3.6
13.	18 36 54	1598	99392	6.5	be	0.87+	48	35É	63	+2.2	+2.7
17.	22 47 32	2105	5 Lib	6.3	ki	0.98-	26	71D	266	+1.8	+0.6
18.	00 29 10	2118	α^2 Lib	2.8	be	0.98-	26	-63D	132	+1.2	-0.9
18.	01 30 39	2117	α^1 Lib	5.2	ki	0.98-	23	88É	288	+1.4	-1.0
18.	01 37 57	2118	α^2 Lib	2.8	ki	0.98-	22	88D	284	+1.4	-1.0
26.	09 20 44	3349	τ^2 Aqr	4.0	ki	0.23-	23	63É	271	+1.7	-1.1
5.03.	18 17 22	0634	56 Tau	5.3	be	0.04+	16	64É	54	+0.3	-0.5
06.	18 24 02	1062	40 Gem	6.4	be	0.23+	43	83D	101	+0.8	-1.7
08.	21 56 26	1334	80529	7.0	be	0.43+	22	47É	62	+0.6	-0.9
09.	18 10 46	1435	98742	6.5	be	0.53+	60	31É	51	+3.4	+2.7
09.	19 01 57	1436	98750	6.8	be	0.53+	55	34É	54	+3.0	+1.4
13.	22 02 44	1920	139304	6.6	be	0.93+	33	62D	143	+0.9	-1.5
17.	02 04 45	2359	ϱ Oph	5.0	ki	0.99-	11	81É	296	+1.3	-1.3
6.02.	20 28 32	1046	78795	7.0	be	0.06+	4	86É	86	-0.4	-1.1
06.	21 36 17	1535	99150	6.8	be	0.39+	17	77É	97	+0.2	-1.6
09.	19 46 01	1864	139072	6.7	be	0.72+	37	54É	78	+2.1	-0.3
09.	21 01 49	1869	46 Vir	6.2	be	0.72+	30	81É	105	+1.2	-1.4
11.	19 01 55	2105	5 Lib	6.3	be	0.90+	25	58D	140	+0.9	-0.5
11.	21 41 31	2117	α^1 Lib	5.2	be	0.91+	24	81D	117	+1.4	-1.0
11.	21 49 34	2118	α^2 Lib	2.8	be	0.91+	23	77D	120	+1.3	-1.1
11.	22 59 23	2118	α^2 Lib	2.8	ki	0.91+	17	-86É	292	+1.1	-1.4
25.	00 34 26	0384	31 Ari	5.6	ki	0.19-	3	24D	184	-0.5	+2.5
27.	09 35 14	0656	κ^1 Tau	4.2	ki	0.05-	63	59É	293	+2.2	-1.8
7.06.	18 52 21	1821	γ Vir	2.8	be	0.46+	32	27D	176	+0.2	-2.5
06.	19 34 00	1821	γ Vir	2.8	ki	0.47+	27	-48D	251	+1.5	-1.0
06.	19 41 05	1825	138933	5.9	be	0.47+	26	69D	134	+0.7	-1.9
10.	20 12 58	2359	ϱ Oph	5.0	be	0.88+	19	83É	90	+1.7	-0.1
11.	21 42 42	2524	185474	6.0	be	0.95+	16	63É	59	+1.7	+0.1
22.	23 20 57	0450	93260	6.4	ki	0.34-	7	37É	307	+0.2	+0.8
8.16.	01 29 24	0083	128868	6.6	ki	0.85-	42	88É	253	+1.8	+0.7
17.	01 04 59	0202	109835	6.9	ki	0.77-	44	26D	187	+0.2	+2.8
19.	00 58 22	0422	σ Ari	5.5	ki	0.59-	42	37É	307	+3.1	-0.5
20.	03 37 38	0531	13 Tau	5.7	ki	0.49-	60	41É	306	+3.4	-2.2
20.	23 45 57	0656	κ^1 Tau	4.2	ki	0.41-	21	53É	298	+0.6	+1.0
20.	23 51 07	0657	κ^2 Tau	5.3	ki	0.41-	22	79É	272	+0.2	+1.5
24.	01 10 17	1085	79121	7.1	ki	0.14-	13	68D	258	-0.3	+1.5
24.	02 32 35	1094	79172	7.0	ki	0.14-	26	61D	251	+0.1	+1.8

dátum	UT h m s	ZC	név	<i>m</i>	J	fázis	<i>h</i> °	<i>C</i> °	<i>P</i> °	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°
9.06.	18 32 21	2910	ω Sgr	4.7	be	0.83+	15	82D	82	+1.7	+0.6
06.	20 18 59	2914	60 Sgr	4.8	be	0.84+	16	72D	92	+1.8	-0.3
17.	23 03 31	0742	99 Tau	5.8	ki	0.57-	28	46D	220	-0.2	+2.3
19.	02 55 55	0900	139 Tau	4.8	ki	0.47-	59	24D	204	+0.5	+4.3
24.	02 49 11	1544	46 Leo	5.4	ki	0.05-	7	79D	290	+0.0	+0.8
10.07.	19 03 26	3413	165578	6.1	be	0.94+	27	52É	19	+0.8	+2.0
10.	20 51 36	0219	μ Psc	4.8	ki	1.00-	41	67D	252	+1.4	+1.5
14.	03 17 40	0586	76347	6.8	ki	0.87-	54	49É	299	+1.8	-2.9
14.	20 25 56	0693	76670	6.0	ki	0.82-	23	58É	293	+0.6	+1.1
15.	20 36 49	0822	118 Tau	5.8	ki	0.74-	18	6D	182	-1.8	+4.1
16.	01 08 37	0842	77310	6.5	ki	0.73-	61	83É	273	+1.7	+0.7
16.	03 06 21	0852	125 Tau	5.2	ki	0.72-	68	53D	230	+1.8	+1.8
18.	02 40 41	1131	79405	7.3	ki	0.54-	60	68É	300	+1.8	-0.5
19.	01 15 21	1251	λ Cnc	5.9	ki	0.44-	37	30D	224	+0.2	+3.7
20.	00 44 19	1373	80702	6.5	ki	0.34-	22	52É	327	+0.8	-0.5
21.	01 20 32	1484	η Leo	3.5	ki	0.24-	16	85É	298	+0.3	+0.6
27.	13 45 18	2290	δ Sco	2.3	be	0.06+	18	71É	86	+1.6	-0.6
27.	14 51 23	2290	δ Sco	2.3	ki	0.06+	12	-65É	310	+1.2	-1.5
29.	17 25 00	2643	186582	6.7	be	0.23+	5	47É	48	+0.6	-0.4
11.05.	21 05 38	0076	14 Cet	5.9	be	0.91+	41	59É	30	+0.9	+1.4
10.	22 50 44	0660	ν Tau	4.3	ki	0.97-	62	55D	222	+1.1	+2.3
10.	23 42 23	0664	72 Tau	5.5	ki	0.97-	65	75D	243	+1.7	+1.2
11.	05 12 03	0693	76670	6.0	ki	0.96-	25	42D	211	+1.0	+0.8
14.	02 50 40	1089	79142	6.7	ki	0.79-	68	68D	253	+2.0	+0.6
15.	00 19 30	1211	ω^2 Cnc	6.3	ki	0.71-	49	81D	270	+1.2	+1.2
16.	22 56 22	1435	98742	6.5	ki	0.52-	15	72É	308	+0.3	+0.4
16.	23 41 56	1436	98750	6.8	ki	0.51-	23	87D	287	+0.4	+1.0
18.	05 36 40	1569	99280	6.9	ki	0.39-	55	84É	299	+1.5	-1.0
21.	03 43 58	1903	139251	7.7	ki	0.11-	13	69D	273	+0.6	+1.3
27.	16 41 33	2914	60 Sgr	4.8	be	0.19+	10	42É	36	+0.5	+0.1
30.	17 40 15	3343	τ^1 Aqr	5.7	be	0.50+	28	44D	114	+2.9	-1.5
30.	18 58 41	3349	τ^2 Aqr	4.0	be	0.50+	23	80D	78	+1.4	-0.7
30.	20 04 29	3349	τ^2 Aqr	4.0	ki	0.51+	16	-56D	214	+0.4	+0.4
12.07.	00 12 12	0497	93436	6.5	be	0.97+	43	78D	88	+1.3	-1.3
11.	22 12 25	1169	76 Gem	5.3	ki	0.91-	49	57É	307	+1.5	-0.3
15.	04 14 39	1535	99150	6.8	ki	0.66-	56	75D	275	+1.9	-0.5
15.	06 07 15	1544	46 Leo	5.4	ki	0.66-	45	39É	341	+0.3	-2.6
17.	02 27 27	1741	119207	7.1	ki	0.45-	34	51É	333	+0.7	-1.1
18.	06 23 20	1866	44 Vir	5.8	ki	0.33-	38	63É	320	+1.1	-1.3
19.	03 54 57	1973	139544	6.2	ki	0.24-	22	69D	270	+1.3	+1.2
26.	17 55 48	3160	190463	6.7	be	0.15+	4	48É	35	+0.1	+0.1

A Jupiter-holdak kölcsönös jelenségei

dátum	jelenség	T_e h m	T_u h m	Δt m	Δm	d_J R _J	PA °	d "
1.01.	C o I r	5 59	6 04	4.9	0.3	0.99	109	0.5
01.	C o E r	19 20	19 22	1.8	0.0	4.90	289	1.2
02.	G o I r	1 53	2 06	13.8	0.1	0.14	111	1.1
02.	I o E t	2 07	2 10	3.5	0.6	0.03	280	0.0
02.	G o E r	2 09	2 12	3.2	0.0	0.01	243	1.1
03.	E o I r	19 41	20 09	27.7	0.4	0.62	110	0.3
03.	E f I r	21 39	22 13	33.5	0.7	1.27	289	0.3
04.	E o I r	5 44	5 53	9.0	0.1	6.19	290	0.8
06.	E f I r	23 25	23 40	15.3	0.6	6.29	109	0.3
07.	E o I r	19 00	19 08	7.8	0.1	6.26	289	0.8
08.	G o I r	18 43	18 58	15.2	0.1	6.15	109	1.1
09.	G o I r	0 37	0 55	18.8	0.1	2.82	109	1.1
09.	I o E t	4 05	4 09	3.5	0.6	0.25	288	0.1
09.	G o E r	4 54	4 57	2.9	0.0	0.35	110	1.1
10.	E o I r	19 08	19 40	32.6	0.2	2.65	109	0.6
10.	E f I gy	20 54	21 25	30.7	1.5	1.08	110	0.0
14.	E f I r	2 34	2 57	23.5	0.4	5.99	109	0.4
14.	E o I r	4 39	7 13	153.6	0.0	4.44	109	0.9
14.	E o I r	21 24	21 30	6.3	0.0	6.31	289	0.9
16.	G o I r	18 55	18 59	4.1	0.0	5.81	289	1.2
17.	C o E r	0 33	0 43	10.5	0.3	9.76	109	0.5
17.	E f I r	19 27	20 23	55.4	0.6	3.63	109	0.3
18.	C o I r	0 54	1 08	13.5	0.3	0.90	289	0.6
18.	C o E r	4 53	5 15	21.7	0.2	2.72	289	0.7
19.	C o G r	1 02	1 11	8.5	0.2	11.36	289	0.9
19.	I o E t	19 01	19 05	3.5	0.6	0.57	288	0.1
19.	I o G r	20 04	20 04	0.9	0.0	1.51	291	1.4
21.	E o I r	23 41	23 46	5.2	0.0	6.32	289	0.9
23.	G o I r	21 32	21 34	2.4	0.0	5.44	289	1.3
24.	G o C r	18 30	18 43	13.1	0.4	14.43	289	0.4
26.	I o E t	20 58	21 01	3.5	0.6	0.77	288	0.0
27.	E f G gy	19 43	19 59	16.1	0.4	9.79	108	0.4
27.	E o G r	20 15	20 29	13.1	0.3	10.02	108	0.5
29.	E o I r	1 54	1 58	4.1	0.0	6.28	289	0.9
2.02.	I o E t	22 54	22 58	3.5	0.6	1.01	288	0.0
03.	C o E t	5 03	5 09	5.9	0.4	3.55	108	0.1
03.	C o I t	17 08	17 13	5.4	0.5	1.83	289	0.1
03.	E o G r	23 22	23 34	12.3	0.3	9.95	108	0.4
03.	E f G gy	23 31	23 46	14.7	0.4	10.03	108	0.3
05.	E o I r	4 03	4 06	3.0	0.0	6.23	288	1.0
08.	E o I r	17 08	17 10	2.4	0.0	6.20	288	1.0
10.	I o E t	0 51	0 54	3.5	0.6	1.18	288	0.1
10.	I f E r	1 08	1 11	3.8	0.3	0.97	288	0.6
11.	E o G gy	2 25	2 37	11.6	0.3	9.85	108	0.2

dátum	jelenség	T_e h m	T_u h m	Δt m	Δm	d_J R_J	PA °	d "
2.11.	E f G gy	3 12	3 26	13.6	0.5	10.22	108	0.3
11.	I o C r	18 17	18 23	5.1	0.5	0.26	288	0.3
11.	E o C gy	20 18	20 23	5.8	0.4	0.62	108	0.0
17.	I o E r	2 48	2 51	3.5	0.5	1.38	288	0.2
17.	I f E r	3 19	3 24	4.2	0.7	0.99	288	0.4
18.	C o G r	17 40	17 53	12.8	0.4	14.27	108	0.4
18.	C f G r	20 36	20 53	17.9	0.6	14.96	108	0.6
19.	C o I r	20 26	20 32	5.5	0.4	3.03	108	0.4
19.	C f I p	22 10	22 19	8.5	0.7	4.35	108	0.6
27.	I o E r	17 46	17 49	3.4	0.4	1.69	287	0.3
27.	I f E r	18 38	18 42	4.5	1.7	1.04	288	0.2
27.	I o C r	21 58	22 05	6.5	0.3	4.94	288	0.5
28.	I f C gy	1 09	1 24	14.8	0.9	3.53	288	0.1
28.	I o C r	17 07	17 28	20.9	0.4	3.52	107	0.4
28.	I o C r	23 31	23 45	14.4	0.2	15.87	107	0.8
3.01.	E o C gy	2 54	3 02	7.5	0.4	7.51	107	0.2
01.	I f C gy	3 49	4 00	11.0	0.4	8.10	107	0.6
06.	I o E r	19 46	19 49	3.3	0.4	1.90	287	0.4
06.	I f E gy	20 50	20 55	4.6	2.2	1.10	287	0.0
09.	C f E p	22 01	22 12	11.0	0.3	8.38	287	0.9
11.	E f G gy	17 16	17 27	10.8	0.5	10.47	107	0.1
13.	I o E r	21 47	21 50	3.3	0.3	2.12	287	0.4
13.	I f E gy	23 03	23 08	4.6	1.8	1.18	287	0.2
15.	G f C gy	22 08	22 27	18.7	1.2	11.14	287	0.4
18.	E o G r	17 36	17 44	7.5	0.2	8.98	106	0.6
18.	E f G gy	20 41	20 51	10.3	0.5	10.42	107	0.3
20.	I o E r	23 50	23 54	3.2	0.3	2.34	287	0.5
21.	I f E r	1 17	1 21	4.6	1.1	1.28	287	0.3
25.	E o G r	20 43	20 49	6.4	0.1	8.75	106	0.8
26.	E f G gy	0 04	0 14	9.7	0.4	10.35	106	0.4
28.	I o E r	1 55	1 59	3.2	0.2	2.57	287	0.5
28.	G f I p	22 05	22 11	5.4	0.3	1.52	106	0.9
4.01.	I f G r	23 25	23 35	9.4	0.3	7.67	106	0.7
01.	E o G r	23 52	23 57	5.2	0.1	15.77	107	0.9
02.	E f I r	22 55	23 01	5.2	0.4	4.16	287	0.5
05.	G f I r	0 49	0 55	6.0	0.7	2.31	106	0.6
14.	I o E r	19 16	19 19	3.4	0.3	3.15	287	0.4
19.	G f E p	0 14	0 20	6.6	0.3	7.50	106	0.9
19.	E o C r	23 09	23 13	3.5	0.0	6.01	106	0.9
21.	I o E r	21 27	21 31	3.5	0.3	3.39	287	0.4
27.	E f I gy	18 51	18 56	5.3	1.3	3.16	288	0.0
28.	I o E r	23 40	23 44	3.7	0.4	3.63	287	0.3
5.04.	E f I gy	21 06	21 11	5.1	1.1	2.64	288	0.1
14.	C o I r	21 57	22 15	18.9	0.2	3.64	287	0.6

dátum	jelenség	T_e h m	T_u h m	Δt m	Δm	d_J R_J	PA °	d "
5.21.	I f G r	19 31	19 37	6.0	0.3	4.24	107	0.7
23.	I o E t	19 39	19 44	4.4	0.6	4.48	288	0.1
24.	G f I r	20 46	20 55	9.9	1.3	6.12	108	0.5
30.	I o E r	22 00	22 04	4.5	0.5	4.71	288	0.2
31.	G f E r	20 05	20 15	9.9	2.7	9.11	108	0.3
6.08.	G o I r	20 50	20 54	4.2	0.0	5.39	289	1.0
12.	E o I r	19 54	19 56	2.5	0.1	2.92	289	0.6
7.03.	E o G gy	19 36	19 42	5.7	0.3	3.12	110	0.0

A Jupiter-holdak kölcsönös fogyatkozásai és fedései

jelenség =

elől áll a jelenséget okozó (hozzánk akkor éppen közelebbi) hold jele:

I = Io, E = Europa, G = Ganymedes, C = Callisto;

utána a jelenség fajtája:

o = fedés (okkultáció), f = fogyatkozás;

harmadikként áll a jelenséget elszenvető (akkor éppen tőlünk távolabbi) hold jele;

végül a jelenség jellemzője:

p = félárnyékos (penumbrális) fogyatkozás,

r = részleges fedés vagy fogyatkozás,

gy = gyűrűs fedés vagy fogyatkozás,

t = teljes fedés vagy fogyatkozás.

T_e , T_u = fedés esetén a két hold korongjának első, illetve utolsó érintkezése, fogyatkozásnál a félárnyék és a hold korongjának első, illetve utolsó érintkezése.

Δt = a jelenség időtartama.

Δm = fogyatkozásnál a takart hold fényességének csökkenése, fedésnél a két hold együttes fényességének csökkenése, magnitúdóban. A fogyatkozások közül csak azok szerepelnek a táblázatban, amelyeknél a fogyatkozó hold fénycsökkenése eléri a 0^m3 értéket.

d_J , PA = a jelenséget elszenvető hold látszólagos távolsága a Jupiter középpontjától (a bolygókorong sugarában mérve) és pozíciószöge.

d = a két hold legkisebb látszólagos szögtávolsága a jelenség során.

A számítások hibahatára miatt ajánlatos a megfigyelést néhány perccel a táblázatban megadott időpont előtt elkezdni.

$m < 4^m 0$

Csillagkatalógus J2003.5-re

 $\delta > -30^\circ$

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α And	0 08 34.2	+3.11	+29 06 35	+19.9	1.039	-16.33	-12.0	0.024	2.06
β Cas	0 09 22.0	+3.23	+59 10 09	+19.8	6.827	-18.09	11.0	0.072	2.27
γ Peg	0 13 25.0	+3.10	+15 12 11	+20.0	0.019	-1.20	4.0	0.000	2.83
ι Cet	0 19 36.4	+3.06	-8 48 16	+19.9	-0.093	-3.61	19.0	0.010	3.56
ζ Cas	0 37 10.1	+3.37	+53 54 58	+19.8	0.219	-0.91	2.0	0.004	3.66
δ And	0 39 31.0	+3.22	+30 52 48	+19.7	1.060	-9.15	-7.0	0.024	3.27
α Cas	0 40 42.5	+3.44	+56 33 23	+19.7	0.636	-3.19	-4.0	0.016	2.23
β Cet	0 43 45.9	+3.01	-17 58 03	+19.7	1.637	3.25	13.0	0.057	2.04
γ Cas	0 56 55.3	+3.66	+60 44 08	+19.4	0.355	-0.53	-7.0	0.034	2.47
μ And	0 56 56.9	+3.35	+38 31 06	+19.5	1.297	3.27	8.0	0.032	3.87
η Cet	1 08 46.0	+3.02	-10 09 50	+19.0	1.474	-13.83	12.0	0.032	3.45
β And	1 09 55.8	+3.38	+35 38 20	+19.0	1.457	-11.35	3.0	0.043	2.06
ϑ Cet	1 24 11.9	+3.00	-8 09 56	+18.5	-0.532	-21.85	17.0	0.034	3.60
δ Cas	1 26 02.9	+3.97	+60 15 12	+18.6	3.993	-5.11	7.0	0.029	2.68
η Psc	1 31 40.3	+3.22	+15 21 49	+18.5	0.193	-0.55	15.0	0.015	3.62
51 And	1 38 12.6	+3.71	+48 38 45	+18.1	0.652	-11.33	16.0	0.021	3.57
τ Cet	1 44 13.9	+2.79	-15 55 09	+18.9	-11.911	85.64	-16.2	0.275	3.50
ζ Cet	1 51 38.0	+2.96	-10 19 04	+17.7	0.276	-3.90	9.0	0.038	3.73
α Tri	1 53 16.9	+3.44	+29 35 45	+17.4	0.087	-23.51	-13.0	0.050	3.41
ε Cas	1 54 39.0	+4.38	+63 41 14	+17.6	0.476	-2.08	-8.0	0.010	3.38
β Ari	1 54 50.0	+3.33	+20 49 30	+17.5	0.684	-11.11	-2.0	0.063	2.64
γ^1 And	2 04 06.9	+3.71	+42 20 47	+17.1	0.404	-5.17	-12.0	0.013	2.26
α Ari	2 07 22.3	+3.40	+23 28 44	+16.9	1.383	-14.83	-14.0	0.043	2.00
β Tri	2 09 45.2	+3.59	+35 00 13	+16.9	1.218	-4.03	10.0	0.012	3.00
α UMi	2 35 48.9	+70.06	+89 16 46	+15.6	19.877	-1.52	-17.0	0.007	2.02
41 Ari	2 50 11.4	+3.55	+27 16 29	+14.6	0.500	-11.75	4.0	0.031	3.63
η Per	2 50 57.3	+4.42	+55 54 35	+14.7	0.203	-1.42	-1.0	0.006	3.76
τ Per	2 54 30.5	+4.29	+52 46 36	+14.5	-0.004	-0.54	2.0	0.012	3.95
η Eri	2 56 35.9	+2.93	-8 53 04	+14.2	0.536	-21.95	-20.0	0.027	3.89
α Cet	3 02 27.8	+3.14	+4 06 12	+13.9	-0.063	-7.80	-26.0	0.009	2.53
γ Per	3 05 03.1	+4.38	+53 31 12	+13.9	-0.001	-0.47	3.0	0.011	2.93
ρ Per	3 05 24.1	+3.86	+38 51 13	+13.7	1.110	-10.56	28.0	0.011	3.39
β Per	3 08 23.9	+3.93	+40 58 08	+13.6	0.031	-0.09	4.0	0.031	2.12
α Per	3 24 34.5	+4.31	+49 52 24	+12.5	0.246	-2.46	-2.0	0.029	1.80
σ Tau	3 25 00.1	+3.24	+9 02 28	+12.5	-0.445	-7.80	-21.0	0.011	3.60
ξ Tau	3 27 21.6	+3.26	+9 44 41	+12.3	0.405	-3.89	-2.0	0.000	3.74
ε Eri	3 33 05.8	+2.83	-9 26 48	+12.0	-6.580	2.10	15.4	0.303	3.73
δ Per	3 43 10.5	+4.30	+47 47 55	+11.2	0.280	-3.42	4.0	0.016	3.01
δ Eri	3 43 25.0	+2.88	-9 45 06	+12.0	-0.622	74.48	-6.0	0.109	3.54
17 Tau	3 45 05.0	+3.57	+24 07 27	+11.1	0.142	-4.61	12.0	0.019	3.70
ν Per	3 45 26.0	+4.10	+42 35 22	+11.1	-0.130	-0.16	-13.0	0.014	3.77
η Tau	3 47 41.6	+3.58	+24 06 57	+10.9	0.136	-4.60	10.0	0.008	2.87
27 Tau	3 49 22.3	+3.58	+24 03 50	+10.8	0.130	-4.67	9.0	0.000	3.63
ζ Per	3 54 21.2	+3.79	+31 53 38	+10.4	0.045	-1.02	20.0	0.010	2.85

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ''	ΔD ''/év	μ_{RA} s	μ_D ''	v_{rad} km/s	π ''	m
ϵ Per	3 58 05.4	+4.04	+40 01 12	+10.1	0.156	-2.58	1.0	0.009	2.89
γ Eri	3 58 11.6	+2.80	-13 29 56	+10.0	0.420	-11.14	62.0	0.010	2.95
λ Tau	4 00 52.5	+3.33	+12 30 00	+9.9	-0.043	-1.24	18.0	0.002	3.47
ν Tau	4 03 20.6	+3.20	+5 59 56	+9.8	0.035	-0.32	-6.0	0.022	3.91
γ Tau	4 19 59.6	+3.42	+15 38 09	+8.4	0.799	-2.50	39.0	0.028	3.63
δ^1 Tau	4 23 08.2	+3.47	+17 33 02	+8.2	0.747	-2.96	39.0	0.016	3.76
ϵ Tau	4 28 49.3	+3.51	+19 11 17	+7.7	0.756	-3.77	39.0	0.018	3.54
α Tau	4 36 07.3	+3.45	+16 30 58	+7.0	0.439	-18.97	54.0	0.048	0.85
ν Eri	4 36 29.6	+3.00	-3 20 44	+7.1	0.013	-0.52	15.0	0.000	3.93
53 Eri	4 38 20.4	+2.75	-14 17 50	+6.8	-0.519	-15.56	42.0	0.036	3.87
π^3 Ori	4 50 01.8	+3.26	+6 58 02	+6.0	3.130	1.15	24.0	0.125	3.19
π^4 Ori	4 51 23.6	+3.20	+5 36 39	+5.9	-0.009	0.06	23.0	0.001	3.69
π^5 Ori	4 54 26.0	+3.13	+2 26 46	+5.7	0.002	-0.03	23.0	0.003	3.72
ι Aur	4 57 13.3	+3.92	+33 10 17	+5.4	0.027	-1.79	18.0	0.015	2.69
ϵ Aur	5 02 13.2	+4.32	+43 49 41	+5.0	-0.006	-0.38	-3.0	0.007	2.99
ζ Aur	5 02 43.4	+4.20	+41 04 50	+4.9	0.076	-2.20	13.0	0.005	3.75
ϵ Lep	5 05 36.6	+2.54	-22 22 00	+4.6	0.180	-7.38	1.0	0.011	3.19
η Aur	5 06 45.6	+4.22	+41 14 20	+4.5	0.259	-6.78	7.0	0.013	3.17
β Eri	5 08 01.3	+2.95	-5 04 56	+4.4	-0.633	-8.08	-9.0	0.042	2.79
μ Lep	5 13 05.3	+2.70	-16 12 06	+4.0	0.296	-2.59	28.0	0.018	3.31
β Ori	5 14 42.4	+2.89	-8 11 52	+3.9	0.003	-0.13	21.0	0.013	0.12
α Aur	5 16 56.9	+4.44	+46 00 05	+3.3	0.728	-42.47	30.0	0.073	0.08
τ Ori	5 17 46.6	+2.92	-6 50 27	+3.7	-0.101	-0.82	20.0	0.006	3.60
γ Ori	5 25 19.1	+3.22	+6 21 09	+3.0	-0.059	-1.39	18.0	0.026	1.64
β Tau	5 26 30.8	+3.80	+28 36 36	+2.7	0.169	-17.51	9.0	0.018	1.65
β Lep	5 28 23.7	+2.57	-20 45 25	+2.7	-0.031	-8.86	-14.0	0.014	2.84
δ Ori	5 32 11.1	+3.07	-0 17 48	+2.4	0.010	-0.22	16.0	0.014	2.23
α Lep	5 32 53.1	+2.65	-17 49 12	+2.4	0.007	0.19	24.0	0.007	2.58
ι Ori	5 35 36.3	+2.94	-5 54 28	+2.1	0.000	0.11	22.0	0.021	2.76
ϵ Ori	5 36 23.5	+3.05	-1 12 00	+2.1	0.006	-0.24	26.0	0.000	1.70
ζ Tau	5 37 51.2	+3.59	+21 08 40	+1.9	0.002	-2.10	20.0	0.008	3.00
γ Lep	5 44 36.5	+2.50	-22 26 51	+1.0	-2.114	-36.98	-10.0	0.122	3.60
ζ Lep	5 47 06.9	+2.72	-14 49 15	+1.1	-0.109	-0.06	20.0	0.042	3.55
κ Ori	5 47 55.4	+2.85	-9 40 07	+1.1	0.013	-0.24	21.0	0.015	2.06
δ Lep	5 51 28.3	+2.58	-20 52 45	+0.1	1.623	-64.89	99.3	0.022	3.81
α Ori	5 55 21.7	+3.25	+7 24 27	+0.4	0.173	0.87	21.0	0.005	0.50
η Lep	5 56 33.9	+2.73	-14 10 02	+0.4	-0.286	13.93	-2.0	0.061	3.71
β Aur	5 59 47.1	+4.40	+44 56 51	+0.0	-0.541	0.03	-18.0	0.037	1.90
δ Aur	5 59 48.9	+4.94	+54 17 05	-0.1	0.926	-12.54	8.0	0.020	3.72
β CMA	6 22 51.2	+2.64	-17 57 28	-2.0	-0.044	0.03	34.0	0.014	1.98
μ Gem	6 23 10.3	+3.63	+22 30 41	-2.1	0.391	-11.10	55.0	0.021	2.88
γ Gem	6 37 54.9	+3.47	+16 23 46	-3.3	0.293	-4.16	-13.0	0.031	1.93
ϵ Gem	6 44 08.8	+3.69	+25 07 38	-3.9	-0.041	-1.34	10.0	0.017	2.98
α CMA	6 45 18.1	+2.64	-16 43 16	-5.1	-3.847	-120.53	-7.6	0.375	-1.46
ξ Gem	6 45 29.1	+3.37	+12 53 30	-4.1	-0.791	-19.14	25.0	0.051	3.36

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ϑ Gem	6 53 01.2	+3.95	+33 57 24	-4.6	-0.017	-4.81	21.0	0.021	3.60
ε CMa	6 58 45.8	+2.36	-28 58 37	-5.1	0.031	0.28	27.0	0.000	1.50
σ CMa	7 01 51.5	+2.39	-27 56 24	-5.3	-0.038	0.49	22.0	0.017	3.46
σ^2 CMa	7 03 10.2	+2.51	-23 50 19	-5.5	-0.031	0.32	48.0	0.000	3.03
ζ Gem	7 04 19.0	+3.56	+20 33 54	-5.6	-0.065	-0.05	7.0	0.000	3.79
δ CMa	7 08 32.0	+2.44	-26 23 56	-5.9	-0.024	0.44	34.0	0.000	1.86
λ Gem	7 18 17.6	+3.45	+16 32 02	-6.8	-0.331	-3.66	-9.0	0.041	3.58
δ Gem	7 20 19.9	+3.58	+21 58 32	-6.9	-0.188	-1.23	4.0	0.059	3.53
η CMa	7 24 14.0	+2.37	-29 18 36	-7.2	-0.031	0.53	41.0	0.000	2.44
ι Gem	7 25 56.6	+3.72	+27 47 27	-7.4	-0.926	-8.61	8.0	0.031	3.79
β CMi	7 27 20.4	+3.25	+8 16 55	-7.5	-0.350	-3.83	22.0	0.020	2.90
α Gem	7 34 49.4	+3.82	+31 52 50	-8.2	-1.347	-9.87	-1.0	0.072	1.58
α CMi	7 39 29.1	+3.14	+5 12 57	-9.5	-4.755	-102.29	-3.0	0.288	0.38
α Mon	7 41 24.9	+2.87	-9 33 34	-8.6	-0.493	-1.92	11.0	0.019	3.93
κ Gem	7 44 39.5	+3.62	+24 23 22	-8.9	-0.244	-5.23	21.0	0.025	3.57
β Gem	7 45 31.8	+3.66	+28 01 03	-9.0	-4.740	-4.59	3.0	0.093	1.14
ξ Pup	7 49 26.5	+2.52	-24 52 08	-9.2	-0.022	-0.18	3.0	0.003	3.34
ρ Pup	8 07 41.6	+2.56	-24 18 52	-10.5	-0.606	4.92	46.0	0.031	2.81
β Cnc	8 16 42.3	+3.25	+9 10 28	-11.3	-0.298	-4.89	22.0	0.014	3.52
(Hya)	8 25 50.1	+3.00	-3 55 05	-11.9	-0.444	-2.29	10.0	0.019	3.90
σ UMa	8 30 33.2	+4.94	+60 42 22	-12.3	-1.818	-10.73	20.0	0.009	3.36
δ Cnc	8 44 53.0	+3.40	+18 08 28	-13.4	-0.126	-22.81	17.0	0.025	3.94
ζ Hya	8 55 34.7	+3.17	+5 55 55	-13.9	-0.665	1.44	23.0	0.029	3.11
ι UMa	8 59 26.7	+4.08	+48 01 40	-14.4	-4.428	-22.64	9.0	0.066	3.14
κ UMa	9 03 51.8	+4.07	+47 08 33	-14.5	-0.323	-5.41	4.0	0.010	3.60
ϑ Hya	9 14 32.8	+3.12	+2 17 58	-15.4	0.862	-31.00	-10.0	0.019	3.88
α Lyn	9 21 16.0	+3.64	+34 22 39	-15.4	-1.789	1.87	38.0	0.021	3.13
α Hya	9 27 45.6	+2.95	-8 40 26	-15.7	-0.093	3.28	-4.0	0.017	1.98
23 UMa	9 31 48.1	+4.67	+63 02 47	-16.0	1.604	2.77	-10.0	0.034	3.67
ϑ UMa	9 33 05.4	+3.98	+51 39 40	-16.6	-10.253	-53.14	15.0	0.052	3.17
ι Hya	9 40 02.1	+3.06	-1 09 32	-16.5	0.324	-6.43	23.0	0.020	3.91
σ Leo	9 41 20.2	+3.20	+9 52 34	-16.5	-0.961	-3.67	27.0	0.028	3.52
ε Leo	9 46 03.0	+3.40	+23 45 29	-16.7	-0.337	-1.10	4.0	0.010	2.98
ν UMa	9 51 14.2	+4.22	+59 01 20	-17.1	-3.797	-15.12	27.0	0.036	3.80
μ Leo	9 52 57.7	+3.40	+25 59 25	-17.1	-1.602	-5.59	14.0	0.022	3.88
η Leo	10 07 31.4	+3.26	+16 44 44	-17.7	-0.011	-0.04	3.0	0.003	3.52
α Leo	10 08 33.5	+3.19	+11 57 00	-17.7	-1.693	0.64	6.0	0.039	1.35
λ Hya	10 10 45.5	+2.93	-12 22 17	-17.9	-1.379	-8.85	19.0	0.014	3.61
ζ Leo	10 16 53.1	+3.33	+23 23 59	-18.1	0.131	-0.71	-16.0	0.017	3.44
λ UMa	10 17 18.4	+3.60	+42 53 48	-18.1	-1.494	-3.78	18.0	0.030	3.45
μ UMa	10 22 32.2	+3.56	+41 28 54	-18.2	-0.726	3.45	-21.0	0.031	3.05
μ Hya	10 26 15.6	+2.91	-16 51 15	-18.5	-0.890	-7.99	40.0	0.013	3.81
ρ Leo	10 32 59.7	+3.16	+9 17 19	-18.6	-0.044	-0.27	42.0	0.011	3.85
ν Hya	10 49 47.9	+2.96	-16 12 43	-18.9	0.654	20.02	-1.0	0.022	3.11
46 LMi	10 53 30.4	+3.34	+34 11 45	-19.5	0.700	-27.85	16.0	0.017	3.83

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
β UMa	11 02 03.0	+3.59	+56 21 49	-19.4	0.988	3.40	-12.0	0.042	2.37
α UMa	11 03 56.5	+3.66	+61 43 55	-19.5	-1.675	-6.65	-9.0	0.031	1.79
ψ UMa	11 09 51.5	+3.35	+44 28 46	-19.6	-0.604	-2.77	-4.0	0.000	3.01
δ Leo	11 14 17.6	+3.18	+20 30 16	-19.8	1.011	-12.98	-20.0	0.040	2.56
ϑ Leo	11 14 25.4	+3.14	+15 24 37	-19.7	-0.420	-7.86	8.0	0.019	3.34
ν UMa	11 18 40.0	+3.23	+33 04 31	-19.7	-0.205	2.84	-9.0	0.013	3.48
δ Crt	11 19 31.0	+3.00	-14 47 51	-19.5	-0.844	20.75	-5.0	0.019	3.56
λ Dra	11 31 36.5	+3.50	+69 18 42	-19.9	-0.733	-1.71	7.0	0.024	3.84
χ UMa	11 46 14.0	+3.15	+47 45 36	-20.0	-1.361	2.95	-9.0	0.014	3.71
β Leo	11 49 14.3	+3.06	+14 33 09	-20.1	-3.422	-11.41	0.0	0.076	2.14
β Vir	11 50 52.7	+3.13	+1 44 42	-20.3	4.954	-27.11	5.0	0.098	3.61
γ UMa	11 54 00.8	+3.13	+53 40 31	-20.0	1.073	1.17	-13.0	0.020	2.44
ε Crv	12 10 18.3	+3.09	-22 38 21	-20.0	-0.512	1.35	5.0	0.020	3.00
δ UMa	12 15 35.9	+2.95	+57 00 47	-20.0	1.270	0.94	-13.0	0.052	3.31
γ Crv	12 15 59.2	+3.09	-17 33 41	-20.0	-1.124	2.33	-4.0	0.000	2.59
η Vir	12 20 05.1	+3.07	-0 41 10	-20.0	-0.419	-1.81	2.0	0.010	3.89
δ Crv	12 30 02.7	+3.11	-16 32 06	-20.0	-1.460	-13.80	9.0	0.018	2.95
κ Dra	12 33 37.8	+2.53	+69 46 08	-19.8	-1.130	1.19	-11.0	0.010	3.87
β Crv	12 34 34.3	+3.16	-23 24 58	-19.9	0.016	-5.39	-8.0	0.027	2.65
ε UMa	12 54 10.9	+2.63	+55 56 27	-19.5	1.328	-0.58	-9.0	0.009	1.77
δ Vir	12 55 46.8	+3.02	+3 22 42	-19.5	-3.129	-5.39	-18.0	0.017	3.38
α^2 CVn	12 56 11.5	+2.80	+38 17 58	-19.4	-1.987	5.65	-3.0	0.023	2.90
ε Vir	13 02 21.1	+2.99	+10 56 25	-19.3	-1.854	2.00	-14.0	0.036	2.83
γ Hya	13 19 06.7	+3.27	-23 11 24	-18.9	0.467	-4.47	-5.0	0.021	3.00
ζ UMa	13 24 04.0	+2.41	+54 54 26	-18.7	1.411	-2.00	-6.0	0.037	2.27
α Vir	13 25 22.7	+3.17	-11 10 46	-18.7	-0.278	-2.83	1.0	0.021	0.97
ζ Vir	13 34 52.3	+3.06	-0 36 49	-18.3	-1.899	4.21	-13.0	0.035	3.37
η UMa	13 47 40.7	+2.36	+49 17 45	-17.9	-1.249	-1.09	-11.0	0.035	1.86
η Boo	13 54 51.1	+2.86	+18 22 49	-17.9	-0.440	-35.83	0.0	0.102	2.68
α Dra	14 04 29.0	+1.63	+64 21 33	-17.1	-0.842	1.83	-13.0	0.011	3.65
π Hya	14 06 34.3	+3.43	-26 41 57	-17.2	0.328	-13.89	27.0	0.039	3.27
α Boo	14 15 49.3	+2.74	+19 09 52	-18.6	-7.714	-199.84	-5.0	0.090	-0.04
ϱ Boo	14 31 58.8	+2.59	+30 21 22	-15.7	-0.772	11.94	-14.0	0.025	3.58
γ Boo	14 32 13.1	+2.42	+38 17 35	-15.6	-0.966	15.32	-37.0	0.016	3.03
μ Vir	14 43 14.7	+3.17	-5 40 24	-15.5	0.729	-31.60	5.0	0.039	3.88
109 Vir	14 46 25.6	+3.04	+1 52 42	-15.0	-0.758	-2.64	-6.0	0.030	3.72
β UMi	14 50 41.9	-0.12	+74 08 28	-14.7	-0.763	1.22	17.0	0.031	2.08
α^2 Lib	14 51 04.4	+3.33	-16 03 22	-14.8	-0.734	-6.68	-10.0	0.049	2.75
β Boo	15 02 04.7	+2.26	+40 22 37	-14.1	-0.356	-2.78	-20.0	0.022	3.50
σ Lib	15 04 16.6	+3.52	-25 17 44	-13.9	-0.540	-4.30	-4.0	0.056	3.29
δ Boo	15 15 38.6	+2.42	+33 18 07	-13.3	0.689	-11.20	-12.0	0.028	3.49
β Lib	15 17 11.7	+3.24	-9 23 44	-13.1	-0.649	-1.91	-35.0	0.000	2.61
γ UMi	15 20 43.5	-0.05	+71 49 18	-12.8	-0.401	2.02	-4.0	0.003	3.05
ι Dra	15 25 00.5	+1.34	+58 57 14	-12.5	-0.117	1.73	-11.0	0.032	3.29
β CrB	15 27 58.4	+2.48	+29 05 38	-12.3	-1.369	8.63	-19.0	0.031	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D " ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α CrB	15 34 50.2	+2.54	+26 42 11	-12.0	0.906	-8.86	2.0	0.043	2.23
γ Lib	15 35 43.4	+3.36	-14 48 04	-11.8	0.445	0.88	-28.0	0.033	3.91
ν Lib	15 37 14.3	+3.65	-28 08 47	-11.7	-0.069	0.27	-25.0	0.037	3.58
α Ser	15 44 26.4	+2.96	+6 24 53	-11.1	0.917	4.68	3.0	0.046	2.65
β Ser	15 46 21.0	+2.77	+15 24 40	-11.1	0.463	-4.50	-1.0	0.034	3.67
μ Ser	15 49 48.2	+3.14	-3 26 27	-10.8	-0.574	-2.40	-9.0	0.007	3.54
ϵ Ser	15 50 59.5	+3.00	+4 28 03	-10.6	0.858	6.28	-9.0	0.035	3.71
γ Ser	15 56 36.9	+2.78	+15 39 01	-11.6	2.158	-128.14	7.0	0.069	3.85
π Sco	15 59 03.9	+3.64	-26 07 26	-10.1	-0.084	-2.55	-3.0	0.010	2.89
δ Sco	16 00 32.5	+3.56	-22 37 53	-10.0	-0.085	-2.22	-7.0	0.000	2.32
β^1 Sco	16 05 38.5	+3.50	-19 48 53	-9.6	-0.039	-1.91	-1.0	0.009	2.62
δ Oph	16 14 31.8	+3.15	-3 42 11	-9.0	-0.294	-14.30	-20.0	0.029	2.74
ϵ Oph	16 18 30.4	+3.18	-4 42 03	-8.5	0.566	4.10	-10.0	0.036	3.24
τ Her	16 19 50.8	+1.81	+46 18 19	-8.4	-0.109	4.00	-14.0	0.027	3.89
σ Sco	16 21 24.1	+3.66	-25 36 04	-8.4	-0.076	-2.07	3.0	0.000	2.89
γ Her	16 22 04.5	+2.65	+19 08 42	-8.3	-0.330	4.32	-35.0	0.015	3.75
α Sco	16 29 37.3	+3.69	-26 26 22	-7.7	-0.071	-2.03	-3.0	0.019	0.96
β Her	16 30 22.2	+2.58	+21 28 56	-7.7	-0.702	-1.46	-26.0	0.017	2.77
τ Sco	16 36 06.1	+3.74	-28 13 23	-7.2	-0.064	-2.21	2.0	0.020	2.82
ζ Oph	16 37 21.1	+3.31	-10 34 26	-7.0	0.092	2.63	-15.0	0.003	2.56
η Her	16 43 01.0	+2.06	+38 54 57	-6.7	0.318	-8.25	8.0	0.053	3.53
κ Oph	16 57 50.1	+2.84	+9 22 11	-5.4	-1.969	-1.05	-56.0	0.026	3.20
ϵ Her	17 00 25.4	+2.30	+30 55 17	-5.1	-0.362	2.76	-25.0	0.022	3.92
ζ Dra	17 08 47.8	+0.18	+65 42 37	-4.4	-0.324	2.18	-17.0	0.017	3.17
η Oph	17 10 34.7	+3.45	-15 43 44	-4.2	0.260	9.50	-1.0	0.052	2.43
π Her	17 15 10.2	+2.09	+36 48 19	-3.9	-0.215	0.36	-26.0	0.020	3.16
δ Her	17 15 10.5	+2.47	+24 50 07	-4.1	-0.151	-15.69	-40.0	0.034	3.14
ϑ Oph	17 22 13.5	+3.69	-25 00 10	-3.3	-0.026	-1.99	-2.0	0.000	3.27
β Dra	17 30 30.7	+1.36	+52 17 56	-2.6	-0.171	1.48	-20.0	0.013	2.79
α Oph	17 35 05.8	+2.79	+12 33 28	-2.4	0.822	-22.64	13.0	0.056	2.08
ξ Ser	17 37 47.2	+3.44	-15 24 02	-2.0	-0.289	-5.82	-43.0	0.026	3.54
ι Her	17 39 33.8	+1.70	+46 00 17	-1.8	-0.047	0.53	-20.0	0.005	3.80
β Oph	17 43 38.7	+2.97	+4 33 58	-1.3	-0.267	15.95	-12.0	0.023	2.77
μ Her	17 46 35.7	+2.35	+27 43 08	-1.9	-2.339	-75.12	-15.6	0.108	3.42
γ Oph	17 48 04.1	+3.01	+2 42 22	-1.1	-0.146	-7.39	-7.0	0.032	3.75
ξ Dra	17 53 35.4	+1.04	+56 52 20	-0.5	1.144	7.97	-26.0	0.031	3.75
ϑ Her	17 56 22.4	+2.06	+37 15 01	-0.3	0.036	0.64	-27.0	0.002	3.86
γ Dra	17 56 41.3	+1.40	+51 29 19	-0.3	-0.081	-1.94	-28.0	0.017	2.23
ξ Her	17 57 54.1	+2.33	+29 14 52	-0.2	0.642	-1.69	-2.0	0.018	3.70
ν Oph	17 59 13.2	+3.30	-9 46 26	-0.2	-0.044	-11.58	13.0	0.015	3.34
72 Oph	18 07 30.9	+2.85	+9 33 52	+0.7	-0.407	7.99	-24.0	0.037	3.73
σ Her	18 07 40.8	+2.34	+28 45 47	+0.7	0.009	0.95	-30.0	0.005	3.83
μ Sgr	18 13 58.4	+3.59	-21 03 28	+1.2	0.012	0.13	-6.0	0.012	3.86
χ Dra	18 20 59.6	-1.09	+72 44 04	+1.5	11.941	-34.95	32.5	0.120	3.57
δ Sgr	18 21 13.1	+3.84	-29 49 35	+1.8	0.271	-2.80	-20.0	0.039	2.70

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
η Ser	18 21 29.5	+3.11	-2 53 52	+1.2	-3.651	-70.03	9.0	0.054	3.26
109 Her	18 23 50.8	+2.56	+21 46 17	+1.8	1.407	-24.22	-58.0	0.016	3.84
λ Sgr	18 28 11.2	+3.70	-25 25 10	+2.3	-0.324	-18.52	-43.0	0.046	2.81
α Sct	18 35 23.9	+3.27	-8 14 29	+2.8	-0.102	-31.21	36.0	0.013	3.85
α Lyr	18 37 03.4	+2.03	+38 47 13	+3.5	1.726	28.61	-14.0	0.123	0.03
φ Sgr	18 45 52.5	+3.75	-26 59 13	+4.0	0.398	0.04	22.0	0.000	3.17
β Lyr	18 50 12.6	+2.22	+33 22 01	+4.4	0.026	-0.30	-19.0	0.000	3.45
σ Sgr	18 55 28.9	+3.72	-26 17 32	+4.8	0.099	-5.42	-11.0	0.000	2.02
ξ^2 Sgr	18 57 56.3	+3.58	-21 06 06	+5.0	0.235	-1.16	-20.0	0.011	3.51
γ Lyr	18 59 04.5	+2.25	+32 41 40	+5.1	-0.016	0.23	-21.0	0.011	3.24
ζ Aql	19 05 34.3	+2.76	+13 52 08	+5.6	-0.035	-9.60	-25.0	0.036	2.99
λ Aql	19 06 26.1	+3.18	-4 52 37	+5.6	-0.115	-8.99	-12.0	0.025	3.44
τ Sgr	19 07 09.5	+3.74	-27 39 54	+5.5	-0.401	-25.05	45.0	0.038	3.32
π Sgr	19 09 58.3	+3.56	-21 01 04	+6.0	-0.001	-3.54	-10.0	0.016	2.89
δ Dra	19 12 33.3	+0.00	+67 40 04	+6.3	1.649	9.26	25.0	0.028	3.07
κ Cyg	19 17 11.0	+1.39	+53 22 30	+6.7	0.659	12.48	-29.0	0.023	3.77
δ Aql	19 25 40.5	+3.02	+3 07 19	+7.4	1.715	8.22	-30.0	0.062	3.36
ϵ^2 Cyg	19 29 47.6	+1.51	+51 44 14	+7.8	0.219	12.98	-20.0	0.005	3.79
β^1 Cyg	19 30 51.8	+2.42	+27 58 02	+7.7	0.015	-0.17	-24.0	0.017	3.24
γ Aql	19 46 25.6	+2.85	+10 37 19	+9.0	0.119	-0.18	-2.0	0.016	2.72
δ Sge	19 47 32.6	+2.68	+18 32 35	+9.1	0.048	0.83	3.0	0.001	3.82
α Aql	19 50 57.2	+2.93	+8 52 40	+9.7	3.629	38.63	-26.3	0.198	0.77
η Aql	19 52 39.1	+3.05	+1 00 53	+9.5	0.072	-0.71	-15.0	0.010	3.90
β Aql	19 55 29.1	+2.95	+6 24 56	+9.2	0.324	-48.19	-39.8	0.070	3.71
η Cyg	19 56 26.3	+2.25	+35 05 34	+9.7	-0.257	-2.74	-27.0	0.015	3.89
γ Sge	19 58 54.8	+2.67	+19 30 07	+10.0	0.465	2.37	-33.0	0.011	3.47
ϑ Aql	20 11 29.1	+3.09	-0 48 39	+10.9	0.256	0.44	-27.0	0.012	3.23
31 Cyg	20 13 44.5	+1.89	+46 45 08	+11.0	0.043	0.26	-8.0	0.007	3.79
α^2 Cap	20 18 14.9	+3.32	-12 32 02	+11.4	0.436	0.38	0.0	0.033	3.56
β Cap	20 21 12.5	+3.37	-14 46 12	+11.6	0.291	0.16	-19.0	0.010	3.08
γ Cyg	20 22 21.2	+2.15	+40 16 05	+11.7	0.035	0.03	-8.0	0.003	2.20
α Del	20 39 48.0	+2.79	+15 55 28	+12.9	0.455	-0.23	-3.0	0.008	3.77
α Cyg	20 41 33.1	+2.05	+45 17 35	+13.0	0.027	0.23	-5.0	0.000	1.25
η Cep	20 45 21.6	+1.21	+61 51 09	+14.1	1.229	81.85	-87.3	0.071	3.43
ϵ Cyg	20 46 21.2	+2.43	+33 59 01	+13.6	2.861	32.79	-11.0	0.044	2.46
ϵ Aqr	20 47 51.9	+3.24	-9 28 58	+13.4	0.235	-3.43	-16.0	0.015	3.77
ν Cyg	20 57 18.3	+2.24	+41 10 51	+14.0	0.109	-1.56	-28.0	0.010	3.94
ξ Cyg	21 05 03.5	+2.19	+43 56 31	+14.5	0.078	0.11	-20.0	0.007	3.72
ζ Cyg	21 13 05.1	+2.56	+30 14 29	+14.9	0.005	-5.57	17.0	0.021	3.20
α Equ	21 15 59.9	+3.00	+5 15 45	+15.0	0.394	-8.76	-16.0	0.013	3.92
α Cep	21 18 39.8	+1.43	+62 36 02	+15.3	2.181	4.94	-10.0	0.063	2.44
ζ Cap	21 26 52.0	+3.42	-22 23 46	+15.8	0.007	2.33	3.0	0.000	3.74
β Cep	21 28 42.2	+0.75	+70 34 34	+15.8	0.207	0.70	-8.0	0.014	3.23
β Aqr	21 31 44.6	+3.15	-5 33 20	+16.0	0.141	-0.82	7.0	0.006	2.91
γ Cap	21 40 17.1	+3.32	-16 38 47	+16.4	1.322	-2.35	-31.0	0.025	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ε Peg	21 44 21.5	+2.95	+9 53 28	+16.6	0.207	-0.06	5.0	0.006	2.39
δ Cap	21 47 14.0	+3.30	-16 06 41	+16.5	1.827	-29.66	-6.0	0.065	2.87
α Aqr	22 05 57.8	+3.08	-0 18 10	+17.6	0.131	-0.96	8.0	0.012	2.96
ι Peg	22 07 10.5	+2.80	+25 21 44	+17.7	2.200	2.46	-4.0	0.074	3.76
ϑ Peg	22 10 22.6	+3.03	+6 12 55	+17.8	1.852	2.71	-6.0	0.042	3.53
ζ Cep	22 10 58.6	+2.09	+58 13 07	+17.8	0.190	0.44	-18.0	0.019	3.35
γ Aqr	22 21 50.2	+3.10	-1 22 11	+18.2	0.877	0.70	-15.0	0.040	3.84
δ Cep	22 29 18.1	+2.24	+58 25 59	+18.5	0.191	0.14	-15.0	0.011	3.75
α Lac	22 31 26.2	+2.48	+50 18 02	+18.6	1.435	1.87	-4.0	0.036	3.77
ζ Peg	22 41 38.2	+2.99	+10 50 59	+18.9	0.546	-1.25	7.0	0.023	3.40
η Peg	22 43 10.0	+2.82	+30 14 23	+18.9	0.113	-2.54	4.0	0.017	2.94
λ Peg	22 46 42.0	+2.90	+23 35 03	+19.0	0.422	-0.99	-4.0	0.037	3.95
ι Cep	22 49 48.3	+2.15	+66 13 08	+19.0	-1.077	-12.50	-12.0	0.036	3.52
μ Peg	22 50 10.4	+2.90	+24 37 12	+19.1	1.076	-4.21	14.0	0.032	3.48
λ Aqr	22 52 47.8	+3.13	-7 33 39	+19.2	0.077	3.70	-9.0	0.012	3.74
δ Aqr	22 54 50.1	+3.18	-15 48 08	+19.2	-0.277	-2.54	18.0	0.039	3.27
α PsA	22 57 50.6	+3.30	-29 36 13	+19.1	2.551	-16.47	7.0	0.144	1.16
σ And	23 02 05.0	+2.77	+42 20 41	+19.4	0.204	-0.63	-14.0	0.015	3.62
β Peg	23 03 56.7	+2.92	+28 06 07	+19.6	1.431	13.74	9.0	0.015	2.42
α Peg	23 04 56.1	+2.99	+15 13 27	+19.4	0.436	-4.25	-4.0	0.030	2.49
88 Peg	23 09 38.0	+3.19	-21 09 12	+19.6	0.396	3.12	21.0	0.010	3.66
γ Psc	23 17 20.8	+3.11	+3 18 05	+19.7	5.090	1.70	-14.0	0.025	3.69
λ And	23 37 44.2	+2.95	+46 28 38	+19.5	1.567	-42.11	7.0	0.043	3.82
γ Cep	23 39 29.6	+2.51	+77 39 07	+20.1	-2.099	15.09	-42.0	0.064	3.21

Epocha: J2003.5 = 2003. július 2.875 = JD 245 2823.375

— eseti táblázatok

Kettős kisbolygók – A

	Jelölés	\varnothing_A km	\varnothing_B km	ρ g/cm ³	típus
1.	(22) Kalliope	180	35	—	főövi
2.	(45) Eugenia	215	13	1.2	főövi
3.	(87) Sylvia	280	14	1.6	főövi
4.	(90) Antiope	80	80	—	főövi
5.	(107) Camilla	220	9	—	főövi
6.	(243) Ida	56×24×21	1.6×1.4×1.2	2.5 ± 0.3	főövi
7.	(617) Patroclus	105	95	—	Trójai
8.	(762) Pulkova	140	10	1.8	főövi
9.	(3671) Dionysus	0.9	>0.25	—	földsúroló
10.	(3749) Balam	7	1.5	—	főövi
11.	(26308) 1998 SM165	~600×360	~200	—	Kuiper-obj.
12.	(35107) 1991 VH	1.2	0.5	—	földsúroló
13.	1994 AW1	0.9	0.5	—	földsúroló
14.	1996 FG3	1.5×1.3×1.0	0.4	1.4 ± 0.3	földsúroló
15.	1997 CQ29	290	—	—	Kuiper-obj.
16.	1998 ST27	~0.5	~0.15	—	földsúroló
17.	1998 WW31	200	150	—	Kuiper-obj.
18.	1999 HF1	3.7	>0.8	—	földsúroló
19.	1999 KW4	1.2	0.4	—	földsúroló
20.	1999 TC36	~700	~90	—	Kuiper-obj.
21.	2000 CF105	190	130	—	Kuiper-obj.
22.	2000 DP107	0.8	0.3	1.7	földsúroló
23.	2000 UG11	0.2	0.1	—	földsúroló
24.	2001 QT297	400	300	—	Kuiper-obj.
25.	2001 QW322	~130	~130	—	Kuiper-obj.
26.	2001 SL9	~1.3	~0.4	—	földsúroló
27.	2002 BM26	~0.6	~0.1	—	földsúroló

A táblázat a 2002 nyarán ismert naprendszerbeli kettős kis égitestek adatait tartalmazza.
(A *Kettős kisbolygók* című hírhez.)

\varnothing_A = a főkomponens átmérője,

\varnothing_B = a mellékkomponens átmérője,

ρ = a főkomponens becsült sűrűsége,

típus = a kisbolygó típusa,

s = legnagyobb szögtávolság az észlelések idején,

Δm = észlelt fényességkülönbség,

a = a két komponens közepes távolsága,

e = a mellékkomponens pályájának excentricitása,

T = a mellékkomponens keringési ideje.

$A \sim$ jel bizonytalan adatot jelez.

Kettős kisbolygók – B

Jelölés		s "	Δm	a km	e	T d
1.	(22) Kalliope	0.28–0.56	4.9	1000	—	3–4
2.	(45) Eugenia	0.8	6	1190	0.0	4.69
3.	(87) Sylvia	0.6	6.5	1350	—	3.6
4.	(90) Antiope	0.12	<0.1	170	—	0.7
5.	(107) Camilla	0.6	7	~1600	—	~5
6.	(243) Ida	—	—	90	—	1.04
7.	(617) Patroclus	0.12–0.21	0.2	>500	—	>40
8.	(762) Pulkova	0.6	4	800	—	4.0
9.	(3671) Dionysus	—	—	2.3	—	1.16
10.	(3749) Balam	0.47	3.3	~350	—	~80
11.	(26308) 1998 SM165	0.23	1.9	~6000	—	—
12.	(35107) 1991 VH	—	—	3.2	—	1.36
13.	1994 AW1	—	—	2.1	—	0.93
14.	1996 FG3	—	—	2.4	—	0.67
15.	1997 CQ29	0.17	—	~5200	—	—
16.	1998 ST27	—	—	4	—	~6
17.	1998 WW31	1.2	0.4	22300	0.8	574
18.	1999 HF1	—	—	6.3	—	0.58
19.	1999 KW4	—	—	2	—	0.66
20.	1999 TC36	0.25–0.37	2.2–1.9	~8000	—	~11
21.	2000 CF105	0.78	0.9	~23000	—	~400
22.	2000 DP107	—	—	2.6	—	1.77
23.	2000 UG11	—	—	~0.5	—	0.79
24.	2001 QT297	0.6	0.6	18000	—	~100
25.	2001 QW322	4.0	0.1	~120000	—	~6000
26.	2001 SL9	—	—	1.8	—	0.68
27.	2002 BM26	—	—	<~3	—	<~3

Kettős kisbolygók – C

Időpont*	felfedezők	műszer
1. 2001.08.29.	J.-L. Margot, M.E. Brown	Keck II
2. 1998.11.01.	W. J. Merlin és társai	CFHT
3. 2001.02.18.	M. E. Brown, J.-L. Margot	Keck II
4. 2000.08.10.	W. J. Merlin és társai	Keck II
5. 2001.03.01.	A. Storrs és társai	HST
6. 1993.08.28.	M. Belton, R. Carlson	Galileo
7. 2001.09.22.	W. J. Merlin és társai	Gemini North
8. 2000.02.22.	W. J. Merlin és társai	CFHT
9. 1997.05 – 06.	S. Mottola, G. Hahn	ESO 0.60T
	P. Pravec, L. Sarounová	Ondrejov 0.57T
10. 2002.02.08.	W. J. Merlin és társai	Gemini North
11. 2001.12.22.	M. E. Brown, C. Trujillo	HST
12. 1997.02 – 03.	P. Pravec, M. Wolf, L. Sarounová	Ondrejov 0.57T
13. 1997.01.	S. Mottola és társai	ESO 0.60T
	P. Pravec és társai	Ondrejov 0.57T
14. 1998.12.10 – 18.	P. Pravec, L. Sarounová, M. Wolf	Ondrejov 0.57T
15. 2001.11.17.	K. Noll és társai	HST
16. 2001.10.07.	L. A. M. Benner és társai	Arecibo
17. 2000.12.22.	C. Veillet, J. Shapiro, A. Doressoudiram	CFHT
18. 1999.04 – 05.	P. Pravec és társai	Ondrejov 0.57T
	M. Hicks, D. Rabinowitz	Table Mountain 1.02T
19. 2000.07.19 – 27.	P. Pravec, L. Sarounová	Ondrejov 0.57T
	L. A. M. Benner és társai	Goldstone
20. 2001.12.08.	C. Trujillo, M. E. Brown	HST
21. 2002.01.12.	K. Noll és társai	HST
22. 2000.09.30.	J.-L. Margot és társai	Goldstone
23. 2000.11.03.	M. C. Nolan és társai	Arecibo
24. 2001.10.11.	D. J. Osip, S. M. Burles	Las Campanas 6.50T
25. 2001.08.24.	J. Kavelaars, J.-M. Petit	CFHT
26. 2001.10.02 – 22.	P. Pravec, P. Kushnirak	Ondrejov 0.57T
	B. Warner	Palmer Divide 0.50T
27. 2002.02.09.	M. C. Nolan és társai	Arecibo

* A kísérő felfedezésének, illetve a kettősség felismerésének dátuma.

A legismertebb kettőscsillagok

csillag	RA		D ° ' "	m			P ₀ °	d ₀ "	P ₁ °	d ₁ "	T év
	h	m		AB	A	B					
85 Peg	00 02.2	+27 05		5.7	5.8	8.8	189	0.8	194	0.7	26
α Psc	02 02.0	+02 46		3.9	4.3	5.2	272	1.8	271	1.8	930
γ And AB*	02 03.9	+42 20		2.0	2.1	4.8	63	9.6			
γ And BC*	02 03.9	+42 20		4.5	4.8	6.0	103	0.4	103	0.4	64
γ Per	03 04.8	+53 30		2.9	3.2	4.4	65	0.2	65	0.2	15
33 Ori	05 31.2	+03 18		5.5	5.8	6.9	27	1.9			
α CMa*	06 45.1	-16 43		-1.5	-1.5	8.5	150	4.6	139	5.0	50
α Gem*	07 34.6	+31 53		1.6	2.0	2.9	65	3.9	64	4.0	445
α CMi*	07 39.3	+05 14		0.4	0.4	10.8	262	1.2	269	1.1	41
ζ Cnc AB	08 12.2	+17 39		5.0	5.6	6.0	86	0.8	80	0.9	60
10 UMa	09 00.6	+41 47		3.9	4.1	6.1	44	0.6	34	0.7	22
σ ² UMa	09 10.4	+67 08		4.8	4.9	7.9	354	3.8	353	3.8	1100
ψ Vel	09 30.7	-40 28		3.6	4.0	4.8	264	0.5	275	0.5	34
γ Leo	10 20.0	+19 50		2.3	2.6	3.8	125	4.4	125	4.4	620
ξ UMa*	11 18.2	+31 32		3.8	4.3	4.8	274	1.8	269	1.8	60
α Cru	12 26.6	-63 06		0.2	0.8	1.2	112	4.0			
γ Vir*	12 41.7	-01 27		2.7	3.4	3.5	259	1.5	253	1.3	170
α Cen*	14 39.6	-60 50		-0.3	0.0	1.3	223	13.8	223	13.5	80
η CrB	15 23.2	+30 17		5.1	5.6	6.1	61	0.8	70	0.7	42
α Sco	16 29.4	-26 26		1.0	1.0	5.4	273	2.9			
λ Oph	16 30.9	+01 59		3.6	4.0	5.0	30	1.5	31	1.5	130
ζ Her	16 41.3	+31 36		3.0	3.0	6.5	12	0.8	342	0.5	34
α Her*	17 14.6	+14 23		3.3	3.5	5.4	105	4.7	104	4.6	3600
τ Oph	18 03.1	-08 11		4.8	5.3	5.8	284	1.7	284	1.7	260
70 Oph	18 05.5	+02 30		3.8	4.0	6.0	148	3.7	145	3.9	88
ε Lyr AB*	18 44.3	+39 40		4.7	5.0	6.1	351	2.6	350	2.6	1200
ε Lyr CD*	18 44.4	+39 37		4.6	5.2	5.5	82	2.3	82	2.3	720
ζ Sgr	19 02.6	-29 53		2.6	3.3	3.5	224	0.3	203	0.2	21
β Cyg*	19 30.7	+27 58		2.9	3.1	5.1	54	34.5			
16 Cyg*	19 41.8	+50 32		5.3	6.0	6.2	133	39.4			
δ Cyg	19 45.0	+45 08		2.9	2.9	7.9	225	2.6	224	2.6	780
τ Cyg	21 14.8	+38 03		3.7	3.8	6.3	306	0.8	300	0.8	50
μ Cyg	21 44.1	+28 45		4.4	4.7	6.1	308	1.9	309	1.8	790
ζ Aqr	22 28.8	-00 01		3.7	4.4	4.6	185	2.0	184	2.0	760
σ Cas	23 59.0	+55 45		4.8	5.0	7.0	327	3.1			

A táblázatban használt jelölések magyarázata és a *-gal jelölt kettősökre vonatkozó megjegyzések a következő oldalon találhatóak.

A táblázatban a legismertebb fizikai kettőscsillagok adatai szerepelnek. A koordináták J2000.0-re vonatkoznak. AB , A és B a két komponens együttes és egyenkénti fényessége. P_0 és d_0 a 2000.0-re vonatkozó, P_1 és d_1 a 2001.0-re vonatkozó pozíciószög és szögtávolság. A rövid keringési idejű pároknál ebből következtetni lehet a későbbi években látható elhelyezkedésre is. T a kettős keringési ideje.

- γ And: Az A aranyásrga, a B kék színű. A B komponens hármas rendszer, amely egy szoros színképi kettősből és a táblázatban is szereplő C komponensből áll.
- α CMa: A nagy fényességkülönbség miatt a Sirius fehér törpe kísérőjét amatőr eszközökkel igen nehéz megfigyelni.
- α Gem: Valójában hat csillagból álló rendszer. Az A és B mindegyike szoros spektroszkópai kettős, és két távolabbi, halvány csillag tartozik még hozzájuk.
- α CMi: A Procyon B komponense a Siriuséhoz hasonlóan fehér törpe, de szögtávolságuk sokkal kisebb, így a kettős felbontása még nehezebb feladat.
- γ Leo: Látványos, könnyen felbontható, narancs és sárga színű pár.
- ξ UMa: Ennek a fizikai kettősnek a pályáját számolták ki először. A rövid keringési idő miatt a két csillag helyzetének változása már néhány év alatt jól látható.
- γ Vir: Az elnyúlt pályán keringő kettős szögtávolsága folyamatosan csökken, 2007-ben lesznek legközelebb egymáshoz.
- α Cen: A Nap legközelebbi csillagszomszédja hármas rendszer. Az A komponens a Naphoz hasonló csillag, a B hidegebb. A C komponens (Proxima Centauri) nagyon halvány vörös törpe, az előbbiektől $2''2$ szögtávolságra.
- α Her: Nagyon hosszú keringési idejű, könnyen felbontható pár. Az A komponens vöröses, a B zöld színű.
- ϵ Lyr: Kétszeres kettős. A két pár $208''5$ szögtávolságra van egymástól, pozíciószögük 172° . 1985-ben egy halvány ötödik komponenst is találtak a rendszerben, amely legfeljebb $0''2$ -re távolodik el főcsillagától.
- β Cyg: Az Albireo a leghíresebb színes kettőscsillag. Az A komponens sárga, a B kék színű. Az A maga is szoros kettős, $0''4$ szögtávolsággal.
- 16 Cyg: A B komponens a Naphoz hasonló típusú csillag, amely körül a közvetett bizonyítékok szerint bolygó kering (lásd SZATMÁRY KÁROLY: *Bolygók más csillagok körül* című cikkét ebben a kötetben, illetve a *Csillagászati évkönyv 2000*, 165. oldalán található hírt).

Exobolygók adatai

Bolygó	v_{\max} m/s	$\frac{M_*}{M_{\odot}}$	$\frac{M \cdot \sin i}{M_2}$	P nap	a AU	e
HD 83443 b	57.0	0.79	0.35	2.986	0.038	0.00
HD 46375 b	35.2	1.00	0.25	3.024	0.041	0.02
HD 179949 b	112.0	1.24	0.93	3.092	0.045	0.00
HD 187123 b	72.0	1.06	0.54	3.097	0.042	0.01
τ Boo b	474.0	1.30	4.14	3.313	0.047	0.04
BD-10 3166 b	60.6	1.10	0.48	3.487	0.046	0.05
HD 75289 b	56.0	1.15	0.46	3.508	0.047	0.01
HD 209458 b	82.0	1.05	0.63	3.524	0.046	0.02
HD 76700 b	25	1.00	0.20	3.971	0.049	0.00
51 Peg b	55.4	1.06	0.46	4.231	0.052	0.01
ν And b	71.0	1.30	0.69	4.617	0.059	0.01
HD 49674 b	14.3	1.00	0.12	4.948	0.057	0.00
HD 68988 b	187.0	1.20	1.90	6.276	0.071	0.14
HD 168746 b	28.0	0.92	0.24	6.400	0.066	0.00
HD 217107 b	139.7	0.98	1.29	7.130	0.072	0.14
HD 108147 b	40.8	1.05	0.41	7.950	0.079	0.20
HD 162020 b	1813	0.70	13.73	8.420	0.072	0.28
HD 130322 b	115	0.89	1.15	10.72	0.092	0.05
HD 38529b	52.4	1.39	0.67	14.30	0.129	0.31
55 Cnc b	72.0	1.03	0.88	14.66	0.118	0.03
Gliese 86 b	379.0	0.86	4.23	15.80	0.117	0.04
HD 195019 b	271.0	1.02	3.55	18.20	0.136	0.02
HD 6434 b	37.0	0.99	0.48	22.09	0.154	0.30
Gliese 876 c	81.0	0.32	0.56	30.12	0.130	0.27
ρ CrB b	61.3	0.95	0.99	39.81	0.224	0.07
55 Cnc c	13.0	1.03	0.22	44.28	0.247	0.34
HD 74156 b	108	1.05	1.55	51.60	0.276	0.65
HD 168443 b	470	1.01	7.64	58.10	0.295	0.53
Gliese 876 b	210	0.32	1.89	61.02	0.207	0.10
HD 121504 b	45.0	1.02	0.89	64.62	0.317	0.13
HD 178911 b	343	0.90	6.46	71.50	0.326	0.14
HD 16141 b	10.8	1.00	0.22	75.80	0.351	0.00
HD 114762 b	615	0.82	10.96	84.03	0.351	0.33
HD 80606 b	414	0.90	3.43	111.8	0.438	0.93
70 Vir b	316.1	1.10	7.41	116.7	0.482	0.40
HD 52265 b	45.4	1.13	1.14	119.0	0.493	0.29
HD 1237 b	164	0.96	3.45	133.8	0.505	0.51
HD 37124 b	35.0	0.91	0.86	153.3	0.543	0.10

Bolygó	v_{\max} m/s	$\frac{M_*}{M_{\odot}}$	$\frac{M \cdot \sin i}{M_J}$	P nap	a AU	e
HD 73526 b	149.0	1.02	3.63	188.0	0.647	0.52
HD 82943 c	34.0	1.05	0.88	221.6	0.728	0.54
HD 8574 b	76.0	1.10	2.23	228.8	0.756	0.40
HD 169830 b	83.0	1.40	2.95	230.4	0.823	0.34
ν And c	55.6	1.30	1.96	241.1	0.828	0.25
HD 89744 b	257.0	1.40	7.17	256	0.883	0.70
HD 202206 b	554.0	0.90	14.68	258.9	0.768	0.42
HD 40979 b	98.9	1.08	3.16	260	0.818	0.26
HD 12661 b	74.2	1.07	2.47	263.6	0.850	0.34
HD 150706 b	33	—	1.0	264.9	0.82	0.38
HD 134987 b	53.7	1.05	1.63	265	0.821	0.37
ι Hor b	63.0	1.03	2.12	312	0.909	0.15
HD 92788 b	113	1.07	3.88	337	0.969	0.28
HD 142 b	40.0	1.10	1.36	338	0.980	0.37
HD 28185 b	161	0.90	5.70	383	1.03	0.07
HD 177830 b	34.0	1.17	1.24	391	1.10	0.40
HD 108874 b	46.0	1.00	1.65	401	1.07	0.20
HD 4203 b	51.0	1.06	1.64	406	1.09	0.53
HD 128311 b	85	0.80	2.63	414	1.01	0.21
ϵ Ret b	32.0	1.20	1.32	415	1.16	0.06
HD 210277 b	39.1	0.99	1.29	436.6	1.12	0.45
HD 82943 b	46.0	1.05	1.63	444.6	1.16	0.41
94 Cet b	42.0	1.10	1.66	454	1.19	0.20
HD 20367 b	27	1.05	1.07	500	1.25	0.23
HD 114783 b	27.0	0.92	0.99	501	1.20	0.10
HD 147513 b	31	0.92	1.0	540.4	1.26	0.52
ι Dra b	296	1.05	8.68	550	1.34	0.71
HD 222582 b	179.6	1.00	5.18	576	1.35	0.71
HD 23079 b	62	1.10	2.76	628	1.48	0.14
HD 141937 b	247	1.00	9.67	658.8	1.48	0.40
μ Ara b	54.0	1.08	1.99	743	1.65	0.62
16 Cyg B b	50.0	1.01	1.68	798.4	1.69	0.68
HD 4208 b	18.3	0.93	0.81	829	1.69	0.04
HD 114386 b	27	0.75	0.99	872	1.62	0.28
γ Cep b	26.3	1.59	1.76	906	2.1	0.2
HD 213240 b	91	0.95	4.49	951	2.02	0.45
HD 10697 b	114	1.10	6.08	1074	2.12	0.11
47 UMa b	49.7	1.03	2.56	1090.5	2.09	0.06
HD 190228 b	96	1.20	5.01	1127	2.25	0.43

Bolygó	v_{\max} m/s	$\frac{M_*}{M_{\odot}}$	$\frac{M \cdot \sin i}{M_J}$	P nap	a AU	e
HD 114729 b	19.0	0.93	0.90	1136	2.08	0.33
HD 136118 b	212	1.24	11.91	1209	2.39	0.37
HD 2039 b	106	—	4.12	1210	2.19	0.65
HD 50554 b	78.5	1.04	3.72	1254	2.32	0.51
HD 196050 b	54	1.10	3.0	1288	2.3	0.28
— " —	68	1.0	3.36	1098	2.09	0.22
HD 216437 b	38	1.07	2.1	1294	2.4	0.33
— " —	41	1.0	2.05	1119	2.11	0.17
ν And d	66.2	1.30	3.98	1309	2.56	0.34
τ^1 Gru b	20	1.25	1.23	1326	2.6	0.14
HD 12661 c	27.4	1.07	1.66	1407	2.61	0.22
HD 106252 b	150.7	0.96	6.79	1503	2.53	0.57
HD 33636 b	148	0.99	7.71	1553	2.62	0.39
— " —	171	0.99	10	3030	4.1	0.56
HD 23596 b	125	1.1	7.19	1558	2.72	0.31
HD 30177 b	140	0.95	7.95	1620	2.65	0.21
14 Her b	73	1.06	3.3	1654	2.5	0.32
— " —	70	1.06	3.9	1775	2.87	0.37
HD 168443 c	289	1.01	16.96	1770	2.87	0.20
HD 37124 c	19.0	0.91	1.01	1942	2.95	0.40
HD 72659 b	41.8	0.95	2.55	2185	3.24	0.18
HD 38529 c	167.7	1.39	11.3	2189	3.51	0.34
— " —	173	1.39	12.4	2080	3.56	0.40
π Men b	194	1.10	10.39	2280	3.50	0.63
HD 74156 c	121	1.05	7.46	2300	3.47	0.40
ϵ Eri b	17.5	0.80	0.92	2550	3.39	0.43
Gliese 777A b	17.5	0.9	1.15	2613	3.65	0.0
47 UMa c	11.0	1.03	0.76	2640	3.78	0.00
55 Cnc d	49.3	0.95	4.0	5360	5.9	0.16

A táblázat a 2002 októberéig spektroszkópai módszerrel felfedezett exobolygók adatait tartalmazza a keringési idő szerint növekvő sorrendben. Amelyik bolygóra két kutatócsoport eltérő eredményt publikált, annál mindkét adatsort feltüntettük. (A *Bolygók más csillagok körül* című cikkhez. Forrás: exoplanets.org/planet_table.shtml.)

v_{\max} = a bolygó által a csillag radiális sebességében okozott változás amplitúdója;

M_*/M_{\odot} = a csillag tömege naptömeg egységben;

$M \cdot \sin i / M_J$ = a bolygó tömegére számolt alsó korlát Jupiter-tömeg egységben;

P = bolygó keringési ideje;

a = a bolygópálya fél nagytengelye;

e = a bolygópálya excentricitása.

Cikkek, beszámolók

A csillagászat legújabb eredményei

A Tunguz-meteor

Végre sikerült azonosítani a Tunguz-meteor anyagát a robbanás epicentrumának talajában. A Tunguz-meteor néven ismert jelenség — az 1908. június 30-án kora hajnalban a közép-szibériai *Köves-Tunguzka* medence feletti óriási robbanás — mindmáig nagy érdeklődést vált ki. A Vénuszon nagyon sok hasonló jelenség nyomát öröközték meg a *Magellan-szonda* által készített radarképek, és megfigyelhettük a Jupiter légkörébe hatoló *Shoemaker–Levy 9* üstökös darabjainak felrobbanását is. E példák alapján elmondhatjuk, hogy ha egy kozmikus test egy számottevő légkörrel körülvett bolygóval találkozik, a szilárd felszínű bolygók esetében nagy valószínűséggel, az óriásbolygók esetében pedig mindig hasonló módon pusztul el. A közegellenállás ugyanis nagyon felforrósítja a bolygó légkörébe nagy sebességgel behatoló testeket. A kisebb meteoritok jobban lefékeződnek a légkörben, és így elkerülik a teljes szétporladást, egy kisbolygó azonban sokkal mélyebbre hatol le, jobban felmelegszik, és még a felszínbe ütközés előtt szétrobbanhat. Ez történt Szibériában is, ahol a beérkező test kb. 10 km magasan robbant fel. A robbanás tűzgömbjét 600–1000 km-es körzetben látták, a légköri lökéshullám ereje az erdő fáit 2150 km^2 -en letarolta, a robbanás által keltett szeizmikus hullámokat pedig az egész Földön regisztrálni lehetett. A szeizmikus hullámok amplitúdójából a robbanás energiáját $10^{16} - 10^{18}$ Joule-nak becsülték, ami tízmillió tonna TNT hatásának felel meg.

A robbanás epicentrumát csak hosszabb idő múltán keresték fel. Sem krátert, sem a becsapódó test maradványait nem találták, csak a ledőlt fákat látták. A letarolt területen a fák dőlési iránya lepkeszárny alakot rajzolt ki, ebből arra következtettek, hogy a légkörbe behatoló test pályája a függőlegessel $30 - 45^\circ$ -ot zárhatott be. Minthogy semmilyen maradványt nem találtak, feltételezhető volt, hogy a test a robbanás következtében teljesen szétporladt a légkörben. A por a sztratoszféráig hatolt fel, és a szelek az egész Föld körül szétterítették. Feszenkov számítása szerint kb. 1 millió tonna kozmikus anyag szóródott szét a légkörben. Az esemény után két évig még Ázsia nyugati részén, sőt Európában is feljegyeztek szokatlanul vörös naplementéket.

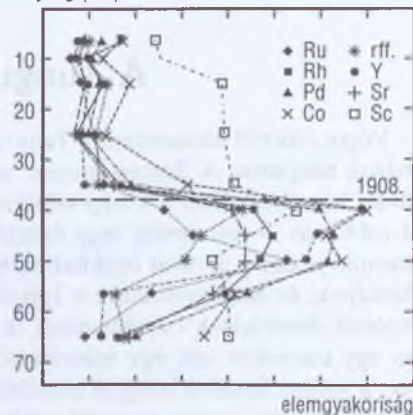
Azóta is sok expedíciót szerveztek a helyszínre, de anyagmaradványt senki sem talált. Ezért javasolta F. WHIPPLE 1930-ban azt a hipotézist, hogy a Földnek egy üstökösmaggal való találkozása okozta a jelenséget. A. KULIK 1939-ben és 1940-ben megjelent cikkében vetette fel először, hogy vasból álló kisbolygó lehetett a látogató, Feszenkov pedig 1949-ben kőből álló kisbolygóval vélte azonosítani a behatoló testet.

A jelenlegi számítástechnika már lehetővé teszi az események modellezését. A számítások szerint egy üstököss sokkal magasabban robbant volna szét, egy vasmeteorit pedig elérte volna a talajt. Csak egy kőből álló kisbolygó tulajdonságaival tudják visszaadni a számítások a 6–10 km körüli robbanási magasságot, és azt a tényt, hogy a test teljesen elpárolgott, illetve szétporladt a légkörben.

Ha az 1908-as robbanást kozmikus test okozta, akkor a leülepedett anyagot tartalmazó rétegekben a platina-csoport elemeinek feldúsulása várható. A földkéreg ugyanis a gravitációs szétválás következtében ezekből az elemekből $10^4 - 10^5$ -szer kevesebbet tartalmaz, mint a kondritos meteoritok anyaga. A megfelelő évekhez tartozó antarktiszi jég rétegekben korábban már találtak is irídiumtöbbletet, de más mintákon végzett mérések ezt nem támasztották alá. Az epicentrum helyén vett mintákban olyan izotópösszetételbeli rendellenességeket találtak, amelyeket földi okokkal nem lehetett magyarázni, viszont megfelelt a legritimvebb szenes kondrit vagy üstökössanyag összetételének. Az epicentrum helyén vett minták irídiumtartalma sem volt egyforma, amit azzal is lehet magyarázni, hogy a robbanás után nagyon egyenetlen eloszlásban hullott le az anyag.

Egy újabb expedíció 1999-ben a közép-szibériai Cseko-tó aljzatából tíz helyen vett tűzegmintát. Nagy pontosságú mérőberendezésekkel meghatározták néhány nehézfém és a ritkaföldfémek mennyiségét a mélység függvényében. Ezeknek az elemeknek a gyakoriságában hirtelen ugrás van 40 cm-es mélységnél, ami az 1908-as esemény üledékének felel meg (1.1. ábra). Az alatta lévő rétegekben is magasabbak a gyakoriságok, egészen 57 cm mélységig, ami azzal magyarázható, hogy a lerakódás után a víz belemosta az anyagot a mélyebb rétegekbe. Elemi geokémiai megfontolásokból arra lehet következtetni, hogy

mélység (cm)



1.1. ábra. Néhány elem gyakoriságának változása a mélység függvényében a Tunguz-bechapódás helyének talajában (rff = ritkaföldfémek)

a Tunguz-medence felett felrobbant test valószínűleg üstökösmag volt, amelynek a por összetevője CI típusú szenes kondrithoz hasonló. A palládium és a ritkaföldfémek mennyiségéből arra lehet következtetni, hogy amennyiben a becsapódó test kisbolygó volt, átmérője 60 m, tömege 10^6 tonna lehetett. Ha azonban mégis üstökösmag volt, akkor 160 m-nél is nagyobbának kellett lennie, össztömege pedig $2 \cdot 10^7$ tonnára tehető.

Illés Erzsébet

Planetary and Space Science, **48**, 1447. o. (2000);

37, 329. o., 1989, **38**, 1351. o. (1990);

Nature, **361**, 40. o., 1993, **383**, 697. o. (1996);

Astronomy and Astrophysics, **377**, 1081. o. (2001).

A Hold felszínének kialakulása

A Hold a hozzánk legközelebbi égitest, így a legtöbb planetológiai módszert a Holdon alkalmazták először. Eddig anyagmintát is csak a Holdról hoztak vissza, ezért a bolygófelszíni területek relatív korának megállapítására használt krátterszámlálós eljárást is csak a Hold esetében lehetett abszolút kor-meghatározással kalibrálni.

A korábbi űreszközök a Hold térképezéséhez is sok kisebb-nagyobb területről adtak különböző pontosságú információt. A *Clementine* és a *Lunar Prospector* méréseinek segítségével azonban — elsőként ismét a Hold esetében — sikerült elvégezni a globális térképezést is. A Hold felszínének egészére kiterjedő, egységes térképet a *Clementine* topográfiai és szintértékének, valamint a *Lunar Prospector* kémiai összetételre és gravitációs potenciálra vonatkozó térképének összekapcsolásával hozták létre. Ez az új globális térkép sokat segített abban, hogy jobban megértsük a Holdat.

A globális térképek alapján az egész Hold-gömbre általánosítható az a korábbi megfigyelés, hogy a felföldek anyaga alumíniumban gazdag, viszont vasban és magnéziumban szegény. Ez azt bizonyítja, hogy a Hold legkülső rétege valamikor majdnem teljesen olvadt volt, vagyis létezett magmaóceán a Holdon. Ha az olvadt szilikát lassan kristályosodik ki, akkor a kis sűrűségű, alumíniumban gazdag kristályok felhalmozódnak a magma tetején. Az anortozitminták izotópösszetétele azt jelzi, hogy ez a magmaóceán a Hold történetének korai szakaszában létezhetett. Ennek a magmaóceánnak a felolvasztására a legvalószínűbb hőforrás egy óriási ütközést követő gyors anyagbefogás.

A 2600 km átmérőjű ősi *Aitken-medence* aljzata vasban, titánban és tóriumban gazdag — ellentétben a medence környezetében lévő felföldekkel. A déli pólusnál az Aitken-medencét létrehozó óriási becsapódás áttörte a felső

alumíniumos kérget, és felszínre került az alatta lévő, vasban gazdag réteg. Ez azt jelzi, hogy a Hold kérge réteges. Az alsó vasban, titánban és tóriumban gazdagabb, és kevésbé anortozitos, mint a felső.

A holdtengereket a bazaltvulkanizmus hozta létre. A Föld felé forduló oldal vékonyabb kérgének repedései mentén a magma könnyebben érte el a felszínt, és az ősi medencéket mindenütt feltöltötte a bazalt. Ez a bazaltréteg néhol nagyon vékony, csak néhány méter, ezt azokból a becsapódásokból lehet megbecsülni, amelyek áttörték a bazaltkérget.

A Hold kérgének anyaga nagyon száraz, még a szilikátokba beépülve sem található víz. A pólusok környékén, az örökké árnyékban lévő kráterek belsőjében azonban mégis találtak vízjeget. Ez a víz külső forrásból — nagy víztartalmú meteoritok, kisbolygók és üstökösök becsapódásával — kerülhetett a Holdra. A jövőben újabb szondák mérései alapján megbecsülhető, hogy mennyi vízjég lehet a Holdon, és ebből arra is következtethetünk majd, hogy mennyi víz érkeztethet üstökösök és kisbolygók révén a Földre, illetve a Naprendszer más égitestjeire.

Illés E. zsebet

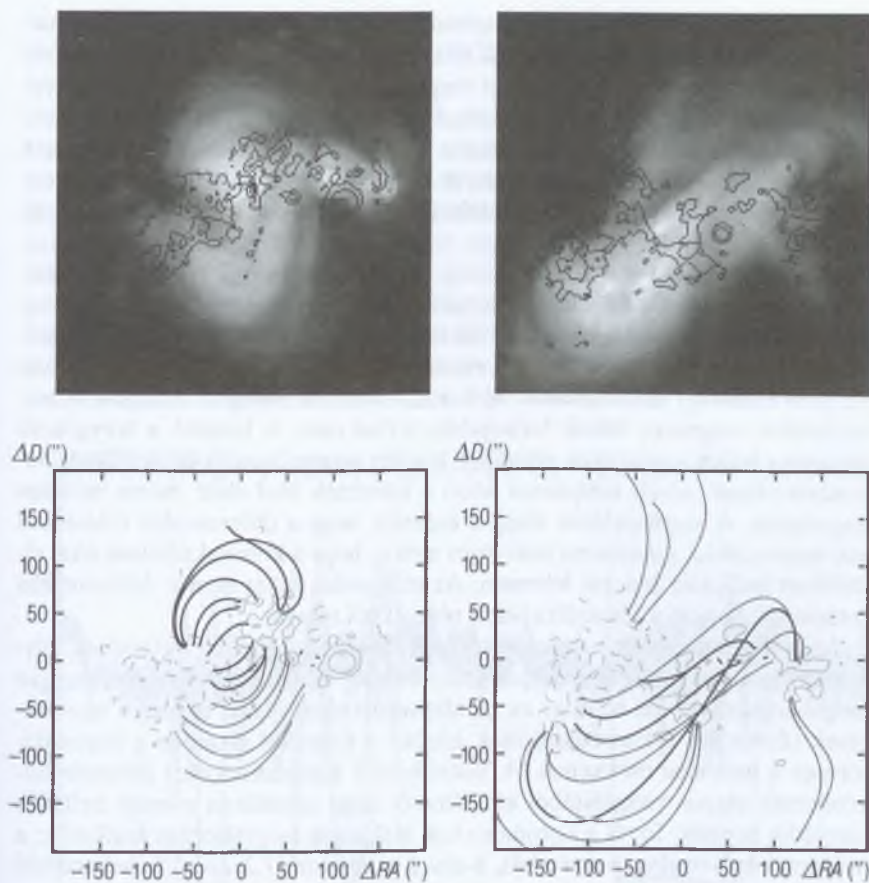
Science, 2001. szeptember 7.

A koronakitörések előrejelzése

Régóta tudjuk, hogy a napaktivitás jelenségei — a napfoltok, a napkitörések, a koronakitörések stb. — a napfelszín alatti mágneses tér felbukkanásának következményei. Ezért azt várjuk, hogy a mágneses tér szerkezetének változásából következtetni lehet az aktivitás későbbi alakulására. Ezzel kapcsolatban P. DÉMOULIN és munkatársai arra keresték a választ, hogy milyen folyamatok eredményeként alakul a mágneses helicitás a Nap felsőléggörének adott tartományában.

A *helicitás* egy — a napfizikában gyakran előforduló — topológiai jellemző, melyet a mágneses tér szerkezetének leírásához használnak. Általános megközelítésben a tér strukturáltságát, a „simaágtól való eltérését” jellemzi. Szemléletesen azt mondja meg, hogy az erővonalak mennyire csavarodottak. A Napon a mágneses mező erővonalakötegei hurkok formájában emelkednek fel, és az erővonalakötegek állapotát, csavarodottságát a felszín alatti és feletti anyagáramlások egyaránt befolyásolják. A mágneses teret jellemző erővonalrendszer hasonlóan viselkedik, mint a patak medrében a növényzet: a víz áramlása befolyásolja a növényzsalak elrendeződését.

Az idézett kutatás az AR 7978 jelű napfoltcsoport helicitástartalmának változását követte nyomon annak 1996. júliusi keletkezésétől novemberi felbom-



1.2. ábra. Az ábra felső részén a vizsgált napfoltcsoport látszik a Yohkoh/SXT felvételein két időpontban: 1996. augusztus 3-án és 30-án. Az ábra alsó része a modellezett mágneses erővonalakat mutatja. A tér szerkezete egy hónap alatt jelentősen megváltozott: a kezdeti sima állapothoz képest megcsavarodott alak a helicitás felhalmozódására utal

lásáig. Ez az időszak különösen alkalmas volt ilyen vizsgálatra, hiszen a Napon jóformán nem volt más aktivitási centrum.

A Napon a mágneses helicitás egy adott térfogathan háromféle módon változhat meg: a térfogaton belüli plazmaáramok hatására; vagy úgy, hogy a vizsgált térfogatra „csavarodottságot viszünk be”, illetve onnan „csavarodottságot veszünk ki”. Egy adott időtartamot tekintve tehát a helicitástartalom változásának leírásához ismernünk kell a térfogatrészben tárolt helicitás kezdeti értékét, a bent képződött helicitástöbbletet, továbbá a bevitt és az elszállított

helicitást. A felsőlégkör vizsgált részének helicitástartalmát egy adott pillanatban a *SOHO/MDI* magnetogramok és a *Yohkoh/SXT* felvételein kirajzolódó koronahurkok modellezésével lehet meghatározni. A tartományon belül képződő többlet a differenciális rotációval leírható plazmanyírásból számítható ki. A vizsgálatok szerint a differenciális rotáció kétféle helicitást kelt, melyek nagysága hozzávetőleg azonos, előjelük azonban ellentétes, így egymást gyengítik. Az összehatás tekintetében a differenciális rotáció tehát viszonylag kevés helicitást kelt.

A következő kérdés az elvitt helicitás mennyisége. Ennek becsléséhez a kutatók számba vették a koronából kilövellt összes anyagfelhőt, melyek a mágneses teret is magukkal ragadják, ezáltal helicitást visznek el. Az AR 7978 fejlődése során a *SOHO/LASCO&EIT*, valamint a *Yohkoh/SXT* felvételek alapján 31 ilyen eseményt azonosítottak. A koronakitörések anyaga a bolygóközi térbe kerülve mágneses felhők formájában terjed tovább. A kutatók a bolygóközi mágneses felhők statisztikus vizsgálata alapján meghatározták azok átlagos helicitástartalmát, amely támpontot adott a kitörések által elvitt összes helicitás nagyságára. A megfigyelések alapján kiderült, hogy a differenciális rotációból származó többlet sokszorosa szükséges ahhoz, hogy a koronakitörések által elszállított helicitást fedezni lehessen. Az utánpótlás tehát nem a differenciális rotációból, hanem a fotoszféra alatti rétegekből történt.

Az új elmélet szerint a koronakitörések egyfajta szelepként működnek: olykor kiengedik az adott térfogatban „túlcsorduló” helicitást. A vizsgálat alapján megfogalmazható azt is, hogy mi az alapvető különbség az egyszerű napkitörések (flek) és a koronakitörések között: a flekkel szemben a koronakitörések a helicitást csökkentik. A *Yohkoh/SXT* koronahurkokat ábrázoló felvételeinek alapos vizsgálatából kideríthető, hogy aktuálisan mennyi helicitás tárolódik bennük. Erről a koronahurkok alakjának megváltozása árulkodik: a mágneses erővonalak csavarodott, S-alakú rendszere (1.2. ábra) felhalmozódó helicitást jelez.

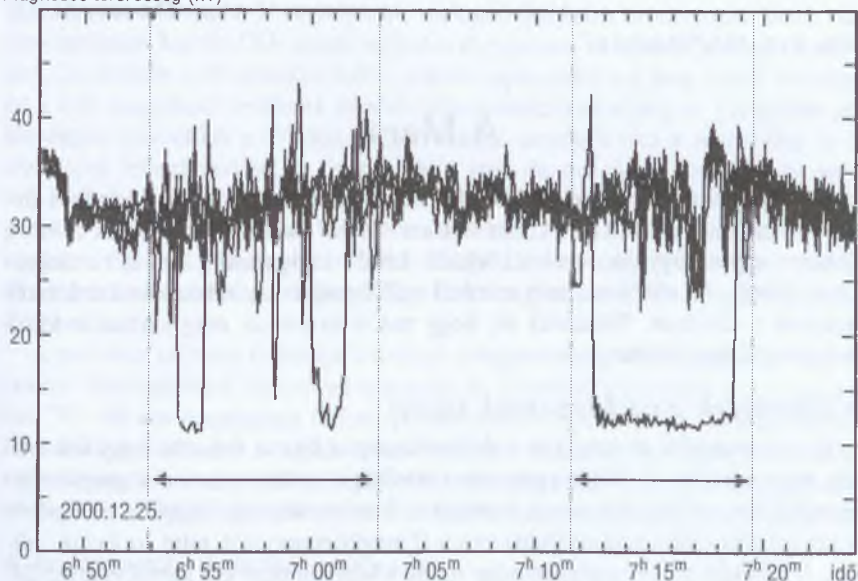
A kutatók a felvételek alapos vizsgálatától azt várják, hogy előbb-utóbb következtetni lehet arra, hogy a korona adott részében a helicitástartalom mikor éri el azt a kritikus határt, amely kitörést eredményez. Ez azért különösen fontos, mert egyre nagyobb az igény, hogy az űridőjárásról megbízható előrejelzéseink legyenek, ugyanis a Földünk irányába kilövellt anyagfelhő – elérve bolygónkat – mágneses vihart kelt, mely kárt okozhat a műholdak érzékeny áramköreiben vagy akár a földi távvezeték-hálózatokban is.

Kövári Zsolt

A CLUSTER űrszondák eredményeiből

Az ESA *CLUSTER* nevű magnetoszféra-kutató missziójának négy egyforma műholdja 2000 nyarán kelt útra a bajkonuri indítóállomásról, két orosz hordozórakéta hátán. (Az első, 1996-os indítási kísérlet során az Ariane hordozórakéta felrobbant.) A négy űreszközt elnyúlt (4 és 20 földugár közötti), poláris pályákra állították a Föld körül, oly módon, hogy állandóan egy tetraéder négy csúcsában helyezkednek el, melynek élhosszúsága néhány száz kilométer és 20 000 km között ingadozik. Így a szondák olykor a magnetoszférán belül, olykor azon kívül haladnak. Adataik összevetésével három dimenzióban folyamatosan követhető a Föld körüli térség viszonyainak alakulása. A tudományos adatok szolgáltatása 2001 februárjában kezdődött.

mágneses térerősség (nT)



1.3. ábra. A CLUSTER szondák által mért mágneses térerősség nagyságának változása. Az ábrán nyíllal jelölt időszakokban a CLUSTER 2 szonda adatai jelentősen eltérnek a másik hárométól. Ez a szonda ugyanis az adott periódusban a magnetopauza gyors helyzetváltozásai miatt időnként azon kívülre került, s ilyenkor természetesen gyengébb mágneses teret mért, mint a többi

A kétéves program első évének eredményei közül megemlítendők a szondának a magnetopauzán és az azon túli lökésfreton való áthaladásai. Ezekből kitűnt, hogy a front nagy, 5–6 km/s sebességgel ide-oda mozog, követve a napszél ingadozásait. A szondák megmérték a magnetopauza mágneses pólusok fölötti bemélyedéseinek mozgási sebességét is, s ez meglepően nagynak (10–30 km/s) adódott. A magnetopauza mentén áramló plazma instabilitások révén felületi hullámokat kelt, amelyek a magnetopauza mentén 70 km/s sebességgel terjednek. Ezeket az elméletileg megjósolt hullámokat most először sikerült mérésekkel kimutatni.

A CLUSTER egyik legdrágább megfigyelése a 2000. november 8-i nagy koronakitöréshez kapcsolódó rádióvihar észlelése volt. A koronakitörés anyaga néhány nap múlva elérte a Földet, ekkor a szondák a magnetopauza hirtelen visszahúzódása miatt a felerősödött napszélnyalábba kerültek, és ott végezhetek helyszíni méréseket.

Petrovay Kristóf

sci.esa.int/cluster/.

A Mars

A Mars változatlanul az érdeklődés középpontjában van. Sok korábbi űrszonda mérései mellett most már a *Mars Global Surveyor* (MGS) és a *Mars Odyssey* egyre nagyobb területet lefedő, kiváló felbontású képei is rendelkezésre állnak. Az utóbbi szonda mérései a déli poláris sapkához közel sok vizet jeleznek a talajban. Tekintsük át, hogy mit is értettünk meg jobban a Mars bolygóval kapcsolatban.

Különbségek a poláris sapkák között

Körvonalazódik az északi és a déli pólussapka között fennálló nagy különbség magyarázata. A Mars egyenetlen sűrűségeloszlása miatt a tömegközéppontja 3 km-rel északra van a geometriai középpontjától. Vagyis a déli pólus 6 km-rel távolabb (magasabban) van a tömegközépponttól, mint az északi pólus. A féltekék magasságkülönbsége miatt a Marson nem két forróövi áramlási cella alakul ki az egyenlítő két oldalán szimmetrikusan, mint a földi légkörben, hanem csak egy, amely viszont átnyúlik az egyenlítőn. A marsi globális légkörzés tehát a maximálisan fűtött egyenlítői sávból nem egyenletesen osztja el a hőt és a ritkább összetevőket — például a vízgőzt — a két félgömbre, hanem úgy működik, mint egy pumpa, ami a délről az északi féltekére viszi a vízgőzben gazdagabb légköri gázokat.

Porvihar a Marson

A Marson gyakran tör ki globális porvihar, amely hónapokig tarthat. A 2001. július elején kezdődött – eddigi legnagyobb – vihart keletkezésétől folyamatosan megfigyelték (18. kép a színes mellékletben). Az MGS kamerája naponta készít egy egész bolygófelszínt lefedő képet, hogy meg lehessen figyelni a marsi időjárás¹ és felszíni dérlerakódás változásait. A vihar a déli félgömb tavaszának kezdetén alakult ki, amikor a déli poláris sapkán megindult a CO₂ szublimációja. A képeken folyamatosan követni lehetett a vihar kialakulását és fejlődését. Több helyen és többször felerősödve végül is egyetlen nagy porfelhő borította be az egész bolygót, csak a 6 km magas déli pólus emelkedett ki belőle. A vihar szeptember végére csendesedett le, de a légkör még november végéig átlátszatlan maradt.

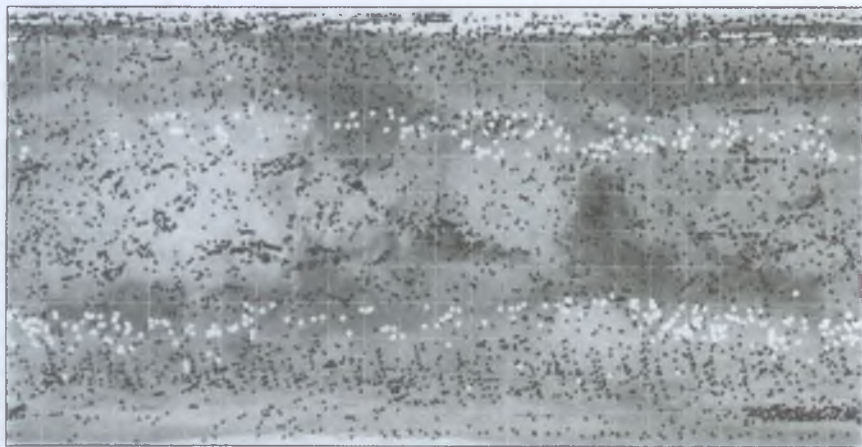
A Marson folyékony állapotú víz hiányában a port nagyon könnyen felkavarja a szél. Porvihar mindkét félgömb tavaszán elkezdődhet, amikor az évszakai szén-dioxid-sapka a napsugarak melegítő hatására szublimálni kezd. Az atmoszférába kerülő CO₂ miatt megnő a légnyomás, és ez indítja meg a szeleket. De szintén erős szeleket kelt a poláris sapka szélén a még dérral borított és a már megolvadt területek közötti hőmérséklet-különbség is. Ez utóbbi jelenséghez hasonlóak a Földön a parti szelek, amelyek oka a szárazföld és a víz eltérő felmelegedése. A felszabaduló szén-dioxid gáz a pólussapkák szélén megnöveli a légkör sűrűségét. Az előbbieken már szerepelt, hogy a déli pólus 6 km-rel magasabban van, mint az északi. A déli pólus tavaszán ez a nagyobb fajsúlyú gáz megindul lefelé a lejtőkön, és nagy sebességgel, szinte akadálytalanul rohan le az egyenlítőig. Ezért nagyobbak a déli póluson kezdődő porviharok.

A porvihar teljesen felborítja a bolygó hőegyensúlyát, de befolyásolja az évszakai dérlerakódást, illetve szublimációt és a vízpára eloszlását is. A légkörben 30–40 km magasságig feljutó porszemcsék elnyelik a Nap hősugárzását, 30–40°-kal is növelve a légkör hőmérsékletét, miközben a felszín hideg marad. A nagy viharok elülte után több helyen újra erőre kapnak kisebb lokális viharok, és több hónap telik el, mire a légkör újra megnyugszik és tiszta lesz.

A hóvastagság évszakai változása

Az MGS lézeres magasságmérőjének mérési pontossága 10 cm. Ez lehetővé teszi a poláris sapkákon lerakódott szén-dioxid-hó évszakai vastagság-ingadozásának meghatározását. A legnagyobb vastagságbeli változás 80° feletti bolygórajzi szélességeken fordult elő az ottani téli évszakban, mértéke 1.5–

1. A *Malin Space Science System* a nagy porvihar óta hetente ad jelentést a marsi időjárásról a következő honlapokon: science.nasa.gov/headlines, illetve www.msss.com/mars_images/moc/

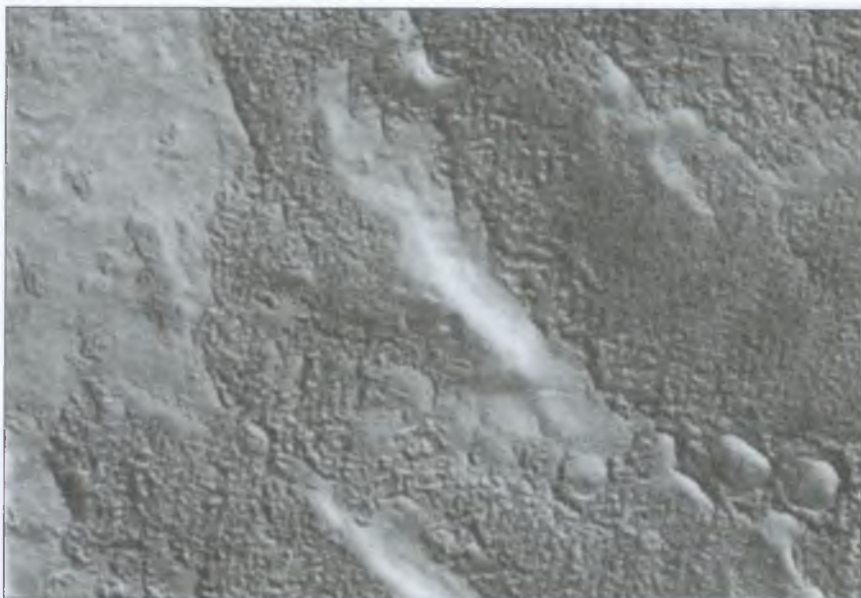


1.4. ábra. A Marsnak ezen a Mercator-vetületű térképén a fehérrel jelzett helyeken találtak berogyott talajt (a 30–60° marsrajzi szélességek között)

2 m. A hó vastagságváltozása miatt nagyon kicsiny, de a Mars körül keringő szondák mozgásában kimutatható mértékben megváltozik a bolygó gravitációs tere. A hóvastagság és a gravitáció változásának ismeretében kiszámítható a szezonálisan lerakódó hóréteg átlagos sűrűsége, ami 0.91 g/cm^3 -nek adódott. Ez lényegesen nagyobb, mint a földi hó sűrűsége. A tavaszi-nyári szublimációs periódus mellett meglepetésre egy másik időszakban is szublimációt figyeltek meg az északi hósapkán, az ottani félteke őszen, amikor a déli félgömb felett tombolt a porvihar. A porviharok tehát ilyen módon is beleszólnak a bolygó időjárásába.

Globális klímaváltozás

Már régen felvetődött, hogy a Mars pályaelemeinek hosszú periódusú változásai globális hőmérséklet-változást okozhatnak. Most úgy tűnik, hogy az MGS nagy felbontású fotóin a berogyott talajok és a poláris sapkák esetében meg is találták a klímaváltozás nyomait. A fiatal, berogyásos alakzatok a 30–60°-os szélességi zónában mindkét féltekén előfordulnak (1.4. ábra). A berogyott talajok keletkezését úgy magyarázzák, hogy eredetileg a talaj pórusaiban jégzsemceként jelen lévő víz cementálta össze a regolitot. A hőmérséklet tartós emelkedésével a víz szublimált, a lazává vált por pedig a saját súlya alatt összerogyott (1.5. ábra). Az összecementált talajok nagyjából százezer éve keletkezettek, amikor a Mars tartósan hideg időszakában (jégkorszakában) a légkörből a vízgőz dér formájában kicsapódott a szél által felkavart porszem-



1.5. ábra. Melegedő klímát jelző „berogyott” talaj a Marson. A vízjég szublimálódása után az ott maradt laza por a saját súlya alatt összerogyott

csékre. A viharok elültével ezek a jéghártával borított porszemek leülepedtek és összetapadtak. Ez a „talajjég” a felszín közelében csak a 40^o bolygórajzi szélesség felett maradhatott fenn tartósan. Ahogy a jégkorszak után a klíma melegebbre fordult, a talajjégből mind több és több szublimált, és végül csak a por maradt. Korábban is gondoltak arra, hogy a közepes szélességeken a talaj nagy mennyiségű vízjeget tartalmazhat, akár többet is, mint amennyi a poláris sapkákban van. Ennek a talajban megkötött jégkészletnek a mennyisége a pályaelemekkel együtt százezer éves időskálán változik. A mostani globális porvihar elemzése segít megérteni azt is, hogy hogyan épülhetett be a víz a regolitba.

Ugyancsak hosszabb periódusú változásra utalnak a déli hósapkáról készült fotók, amelyek ugyanazt a területet mutatják egy marsi év elteltével. A poláris sapka nyáron is megmaradó területének peremvidékén a szén-dioxid-hó felszíne nagyon különleges mintázatot mutat (1.6. ábra). Meredek falú és lapos aljú, környezetükbe mélyen bemaródott gödröket látunk, amikhez hasonlót a Naprendszerben eddig még sehol sem találtunk. A nagy felbontású képek szerint a gödrök fala egy marsi év alatt 1–3 métert hátrál, vagyis a poláris sapka fogy. Ha ilyen tempóban szublimál a CO₂ a déli poláris sapkából, az 10 marsi



1.6. ábra. A Marson nyáron is megmaradó déli poláris sapkájának szén-dioxid-jégében egyre növekvő területű, különleges alakú szublimációs gödrök figyelhetők meg

év alatt a légkör sűrűségének 1%-os növekedését eredményezi. A megmaradó déli poláris sapka kiterjedésének nagy skálájú változását a Viking űrszondák keringő egységének 1976-os fotóival való összehasonlítás is alátámasztja.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope 2001. november; 2002. január;

Science, 2001. december 7.;

Nature, 2001. július 26., 2002. március 21.

Az Europa

A *Galileo* képein látható becsapódásos kráterek vizsgálatával becslést lehet adni az *Europa* óceánját borító jégkéreg vastagságára. Ha egy kráternek van központi csúcsa, az azt jelzi, hogy a becsapódó test nem tudta áttörni a jégkéregtet. Számítógéppel szimulálták hat darab 8–24 km közötti átmérőjű kráter keletkezését, amelyeknek központi csúcsa is van. A kráterkeletkezés során

figyelemmel kísérték a gőz- és olvadékképződést, és megbecsülték, minimálisan milyen vastagnak kellett lennie a jégkéregnek ahhoz, hogy központi csúcs jöhessen létre. Eredményként 3–4 km vastagság adódott, tehát elvethető az a korábbi becslés, hogy csak 1 km vastag az Europa jégkérgé. Ezt az eredményt figyelembe véve az Európán az élet kialakulásának feltételei kedvezőtlenebbek, mint korábban gondoltuk.

Egy másik új eredmény a jeges holdak és az óriásbolygók magnetoszférája közötti kapcsolatra vonatkozik. Ezeknek az erős magnetoszféráknak a belsőjében igen nagy energiájú töltött részecskék mozognak, amelyek a holdak felszínébe is becsapódhatnak. Amelyik holdnak nincs saját mágneses tere (a többségnek nincs), annak az egész felszínét bombázzák a töltött részecskék, a saját mágneses térrel rendelkezők esetében viszont csak a mágneses pólus környékét. (A Galileo magnetométere a Ganymedes esetében mért saját, belső eredetű mágneses térre utaló nyomot.) Ennek a besugárzásnak a hatására a bolygófelszín borító jégben kémiai reakciók zajlanak le, a vízmolekulák elbomolhatnak, a hidrogén elszökik és oxigén marad vissza. Az oxigént meg is találták a Callisto jegében, illetve oxigénmolekulává összeállva az Europa körüli ritka légkörben. A becsapódó töltött részecske lehet az Io vulkánjaiból kidobott kén, amelynek atomjait a Nap ultrabolya sugárzása ionizálja. A kénionok a többi töltött részecskéhez hasonlóan a bolygóval együtt forgó mágneses erővonalak mentén haladva a holdak követő oldalába ütközhetnek, és ott a vízjég molekuláival kénessavat vagy kénsavat alkothatnak. Ezt a Galileo-mérések az Europa esetében ki is mutatták.

A Galileo méréseiből kiindulva modellezték, hogy milyen változások zajlanak le a holdak felszínén a besugárzás hatására. Azt találták, hogy az Európán 10 év alatt mikrométeres mélységig, egymillió év alatt viszont már cm-es mélységig változtatja meg a besugárzás a felszín anyagát. Ez a kémiai hatás nagyobb annál, amit a Naptól érkező ultrabolya sugárzás okoz. A részecskesugárzás által szállított energia is jelentős, az Europa esetében elérheti a teljes belső energiatermelés, vagyis a radioaktív és az árapályfűtés együttes hatását. A besugárzás a Ganymedes egyenlítőjének környezetére és a Callistóra két nagyságrenddel kevesebb energiát szállít, mint az Európára. A Ganymedes pólusát pedig egy nagyságrenddel kevesebb energia éri, de még ez is összemérhető a Ganymedes radioaktív fűtésével. A holdfelszín kémiai átalakításában a meteoritbombázás valamint az Ióból kidobott semleges atomok és porszemcsék elhanyagolható energiát képviselnek, de lényeges a szerepük a felszínen keletkezett anyag elkeverésében és eltemetésében.

Illés Erzsébet

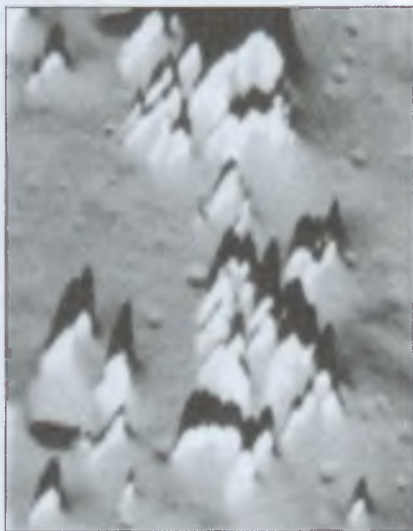
Science, 2001. november 9.
Icarus **149.**, 133. o. (2001).

A Callisto

A *Callisto* felszíne különleges, mert lényegében csak becsapódásos kráterek találhatók rajta, pedig a harmadik legnagyobb hold a Naprendszerben. Egy Merkúr méretű égitest felszínén nagyléptékű geológiai aktivitás látható nyomait várnánk. Ugyanakkor a *Galileo* szonda mágneses mérései indukált mágneses térről hoztak információt, tehát a belsejében valahol mégiscsak kell lennie egy olvadt, elektromosan vezető rétegnek. A mágneses teret egy kb. 100 km mélységben található, legalább 10 km vastag vízréteggel már meg lehetne magyarázni, de minden eddigi modell azt jósolta, hogy a *Callisto* belsejének fagyottnak kell lennie.

J. Ruiz modellszámítása figyelembe vette a vízjég különböző kristályosodási formáit és azok hővezetési tulajdonságait. A víz ugyanis a nyomástól és a hőmérséklettől függően több mint tízféle szerkezetben kristályosodhat. A modell szerint a *Callisto* felszíne alatt 150 km mélységben létezhet olvadt víz. A fölötte lévő vastag hőszigetelő réteg megvédi a *Callisto* belsejét a lehűléstől, és magyarázatot ad arra, hogy miért nem látszik a felszínen semmiféle geológiai aktivitás nyoma. A hold felszínét tehát csak becsapódások alakítják.

Valószínűleg becsapódásos jelenségekkel kapcsolatosak a *Galileo* 2000. máj. 25-i felvételén látható alakzatok is. A lapos, kevés krátert tartalmazó területen százával figyelhetők meg olyan 80–100 m magas, hegyes képződmények, amelyek körül sötétebb, porosabb anyagból álló törmelékjelek láthatók (1.7. ábra). A por a jég szublimálása után vált szabaddá, és gördült le a lejtőn. Lehet, hogy ezeket az óriási jégtömböket az 1700 km átmérőjű *Asgard* medence keletkezésekor szórta ide a becsapódás ereje. Ez a medence ugyanis nem messze fekszik a fotózott területtől.



1.7. ábra. Különös jégtömbök a *Callisto* felszínén (a *Galileo* űrszonda felvétele)

Illés Erzsébet

Nature, 2001. július 26.

Sky and Telescope 2001. december.

Kisbolygó-statisztika (SDSS)

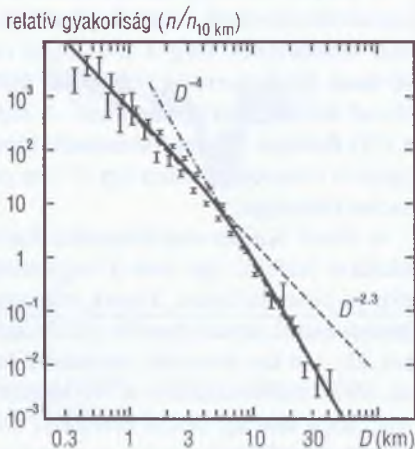
Az 500 négyzetfoknyi égterületet lefedő előzetes SDSS felmérés során a 14^m és $21^m.5$ közötti fényességtartományban kb. 13 000 kisbolygót is találtak. A részletes statisztikai vizsgálatok alapján a minta 98%-ban teljes (a megadott módon felfedezhető kisbolygók 98%-át ténylegesen tartalmazza). A kisbolygóknak a D jellemző méret szerint eloszlását a korábbi adatokkal ellentétben két különböző hatványfüggvénnyel lehetett leírni:

ha D 0.4–5 km $N(D) \sim D^{-2.3}$,
 ha D 5–40 km $N(D) \sim D^{-4}$.

Fontos következtetés, hogy kevesebb $21^m.5$ -nél fényesebb kisbolygó van, mint azt eddig gondolták, illetve hogy az 1 km-nél nagyobb átmérőjű, főövbeli kisbolygók száma 670 000-re becsülhető. A számbeli statisztikákhoz hasonló fontosságúak a többszínfotometriai mérések. Ezekkel ugyanis a különböző kisbolygócsaládok jól elkülöníthetők, és az egész felmérés során várhatóan detektálандó 340 000 kisbolygó mindegyike besorolható lesz valamilyen családba. Ezzel megnyílik az út olyan statisztikai vizsgálatok előtt, amelyekkel pontosíthatók a Naprendszer fejlődésének korai szakaszára vonatkozó ismereteink.

Kiss László

Astronomical Journal, 2001. november.



1.8. ábra. A kisbolygók méret szerint eloszlása az SDSS eredmények alapján

Kettős kisbolygók

Az elmúlt évben egymást érték az újabb és újabb kisbolygó-holdakról szóló hírek², így időszerű egy rövid összefoglalást adni a téma jelenlegi helyzetéről. Az ismert és biztosan azonosított kettős kisbolygók listája a táblázatos részben

2. Csillagászati évkönyv 1995, 139. o.; 2001, 171. o., 2002, 168. o.

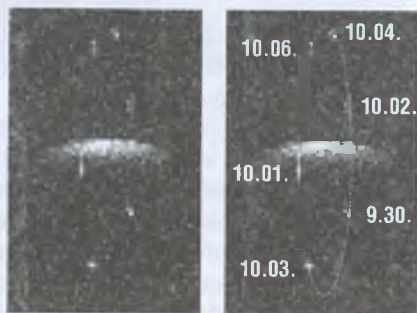
kapott helyet³, így itt most csak a különböző típusú égitesteknél alkalmazott észlelési módszereket ismertetjük.

A fényes, főövbeli aszteroidákat a világ legnagyobb, adaptív optikával felszerelt távcsöveivel a közeli infravörös tartományban (J, H, K') vizsgálják. Az első felfedezések még a 3.61 m-es *Canada–France–Hawaii távcsövel* és a 10 m-es *Keck-távcsövel* történtek, újabban viszont a 8.1 m-es *Északi Gemini távcső* felfedezései dominálnak. A műszerek hatékonyságát jól jellemzi, hogy a (22) *Kalliope* 5^m-val halványabb társát 0''.3 távolságban is észlelni tudták, és egyenlő fényesség mellett egy 0''.1-es pár is felbontható, példa erre a (617) *Patroclus* kisbolygó.

A távoli Kuiper-objektumokat halványságuk miatt nem lehet adaptív optikákkal észlelni, így csak a hagyományos képalkotás marad, amiben a HST előnye elvitathatatlan. Ennek ellenére az első három felfedezést földfelszíni távcsöveknek köszönhetjük. Különösen érdekes a 2001 *QW332* páros, amely két, kb. 130 km átmérőjű, egymástól legalább 120 000 km-re keringő égitestből áll. Mivel a felfedezéskor 4'-re látszottak egymástól, sokáig még az is kétséges volt, hogy tényleg fizikai rendszert alkotnak-e, vagy csak véletlenül látszanak egymás közelében.

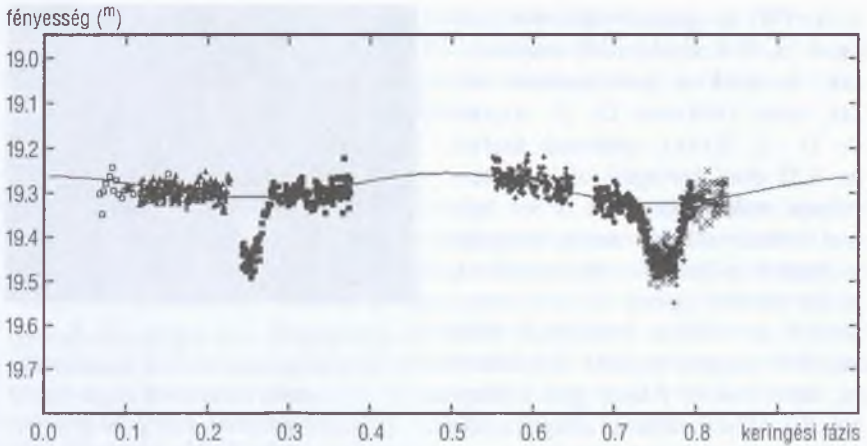
A Föld közelében elhaladó föld-súroló kisbolygók vizsgálatára a radarmegfigyelés a legalkalmasabb. Az ilyen kisbolygók körüli holdakat az *arecibói* 305 m-es és a *goldstone-i* 70 m-es rádiótávcsövekkel fedezték fel, „radar” üzemmódban használva azokat. A legérdekesebb eredményt a 2000 *UG11* rendszerének vizsgálata hozta: a 230 m és 100 m átmérőjű égitestek alig 500 m-re keringenek egymástól, vagyis szinte összeérnek. A megfigyelések arra utalnak, hogy a Föld közelébe kerülő, 200 m-nél nagyobb kisbolygók 16%-a kettős. A kettősséget az eredményezheti, hogy az eredeti kisbolygó tengelyforgása valamilyen okból annyira felgyorsul, hogy a test két részre szakad.

Az utolsó, egyben legbizonytalanabb azonosítási mód a fotometria, amikor a kisbolygó szabályos fénygörbéjén váratlan elhalványodás jelenik meg, amit a kísérő által okozott fedésnek lehet tulajdonítani. A szakirodalom számtalan gyanús esetet tart számon, de ezek közül csak néhány kisbolygó kettőssége



1.9. ábra. A 2000 DP107 egymás körül keringő komponensei a goldstone-i radarral (J.-L. MARGOT és munkatársai)

3. Kettős kisbolygók című táblázat, 145. o.



1.10. ábra. A 2000 DP107 kísérője által okozott fedések a kisbolygó fénygörbéjén (P. PRAVEC és munkatársai)

tekinthető igazán biztosnak. A többi esetben nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy kettősség vagy egy szabálytalan alakú, egyenetlen fényvisszaverésű kisbolygó forgástengelyének precessziója okozza a megfigyelt változásokat.

Sárneczky Krisztián

www.johnstonarchive.net/astro/asteroidmoons.html.

Felbomló üstökösök

A Shoemaker–Levy 9 szétszakadása és Jupiterbe csapódása óta fokozott figyelemmel kísérik minden olyan eseményt, amikor egy üstökös több darabra esik szét. A szétesett égitestek felfedezésében és vizsgálatában a világ óriástávcsövei éppen úgy szerepet kapnak, mint a CCD-vel felszerelkezett amatőr csillagászok serege. A közelünkben elhaladó üstökösök (C/1996 B2 (*Hyakutake*), C/1999 S4 (*LINEAR*), C/2001 A2 (*LINEAR*)) nagy felbontású megfigyelése azt mutatta, hogy a Naptól egy AU távolságban már szinte folyamatosan válnak le néhány méteres darabok az üstökösmagokról.

141P/Machholz 2

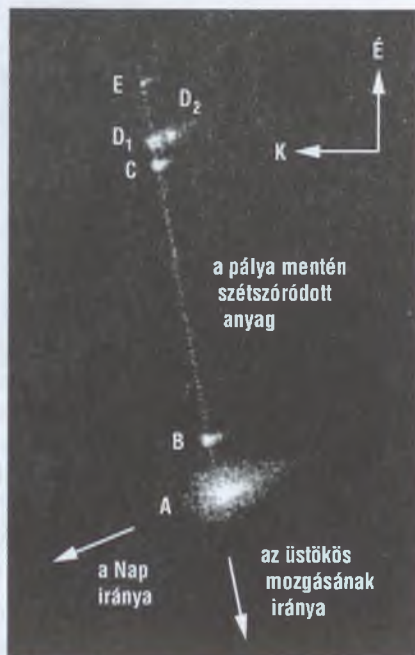
Az 1994. augusztusi felfedezés után öt darabját sikerült azonosítani (A–E), amelyek a pálya mentén egy 40' hosszú porsávba ágyazva, két csoportban (A–B, C–D–E), fél napos intervallumon belül követték egymást. Szeptemberben a második legnagyobb töredék (D) is kettévált.

Az 1999-es visszatéréskor már csak az *A* és *D* komponensek mutatkoztak, de ezek is halványabbak voltak, mint 1994-ben. D. J. ASHER és D. I. STEEL elemzése szerint az 5.22 éves keringési idejű égitest pályája stabil, közel van a 9:4 arányú rezonanciához, amely megvédi a Jupiter pályamódosító hatásaitól. A kis méretű égitest Z. SEKANINA szerint az 1989-es perihélium előtt kb. 600 nappal kezdett darabolódni, amikor 4.75 AU-ra volt a Naptól, 0.3 AU-val délre az ekliptika síkjától. Ekkor szakadt ki a *B* komponens, majd 5 nappal a napközelség előtt létrejött a *D* jelű darab, pár nappal később pedig az *A*-ról levált a *C*. Az *E* jelű rész durván 600 nappal a perihélium után, 1991 elején szakadt le a *D*-ről. A legutolsó esemény 1994 szeptemberében játszódott le, amikor egy héttel a perihélium előtt kettévált a *D* darab.

A szétszakadás után jelentős por kibocsátás kezdődött, ami az 1989-es rendkívül kedvezőtlen láthatósággal párosítva magyarázza, hogy korábban miért nem fedezték fel ezt a rövid keringési idejű, kis perihéliumtávolságú ($q = 0.75$ AU) üstököst. A kezdeti méretre vonatkozó becslések ellentmondóak, néhány km-től 10-15 km-ig terjednek. A szétszakadás kezdetekor távol volt a nagybolygóktól és az ekliptikától, így a felbomlás megindulását jobb híján belső okokkal magyarázzák. Talán egy kozmikus kőrákás szerkezetű, Apollo típusú kisbolygó egyik gyengén kötött része vált le a forgás következtében



1.11. ábra. A 141P négy darabja (*A* – *D*) 1994. szeptember 8-án. *A* fényes *A* mag mellett látható a *B*, míg a *C* és *D* komponensek a bal felső sarokban sejthetők (M. JÄGER felvétele)



1.12. ábra. A 141P üstökös darabjainak méretarányos elhelyezkedése (Z. SEKANINA, 1999)

1987-ben (ez lett a B), majd a friss sebhelyből előtörő anyag az 1989-es perihéliumkor szétvetette az égitestet. Bár 2036-ban 0.15 AU-ra közelíti meg a Földet, a számítások szerint a következő évszázadokban nem várható jelentősebb meteoraktivitás a 141P poranyagától.

51P/Harrington

A lassan csökkenő perihélium-távolságú ($q = 1.57$ AU) üstökös mellett 1994-ben és 2001-ben is találtak másodlagos komponenseket, ám ezek az események csak kis mértékben emelték meg a fényességét. A B és C jelű magokat még 1994 októberében észlelte J. SCOTTI a 91 cm-es *Spacewatch* teleszkóppal. A 20^m illetve 21^m fényességű, egymástól $9''$ -re látszó égitesteket $23'$ szögtávolság és 0.23 nap időtartam választotta el a 13^m -s fő komponenstől. Sajnos a kevés észlelés miatt nem lehet megmondani, hogy ezek 1994-ben levált, kis méretű és gyors mozgású darabok voltak, vagy már korábban kiszakadt, lassan távolodó részek. A fényességárányok mindenesetre az első változatot támasztják alá. Az újabb darabolódást elsőként P. MANTECA, spanyol amatőr észlelte 2001. december 6-án. Ekkor a két komponenst csak $10''$ választotta el, mindkettő fényessége 17^m körül volt. SEKANINA számításai szerint az egyenlő fényességű magok közül a keleti (D) sokkal kisebb tömegű, és szeptember 5-e környékén, három hónappal a perihélium után vált le a fő magról. Mind ezt alátámasztják K. KADOTA megfigyelései, melyek szerint augusztus 22-e és szeptember 23-a között az üstökös 2^m -t fényesedett.

73P/Schwassmann–Wachmann 3

H. BÖNHARDT és H. U. KAUFEL 1995. december 12-én egy fényesebb és több halványabb magot észlelt az üstökös fényes fő komponense mellett. A hír komoly bosszúságot okozott a csillagászoknak, mert ez a földsúroló üstökös ($q = 0.937$ AU) lett volna az ESA *Rosetta szondájának* célpontja. Igen kockázatos lett volna azonban a frissen felszabadult anyagfelhőbe irányítani a műszert. Az események nem érték igazán váratlanul a kutatókat, hiszen szeptember és október folyamán az üstökös 7^m -s kitérés után egészen 5^m -ig fényesedett. SEKANINA szerint először a C-vel jelölt fő komponensről vált le a B október 24-én, majd december 1-jén a B-ről a fényes, ám kis tömegű A. A szétesés ez esetben a megnövekedett aktivitással magyarázható. Az 5.36 éves keringési idejű üstökös 1930-ban 0.057 AU-ra megközelítette bolygónkat, az akkori mérések szerint – 4%-os albedót feltételezve – magjának átmérője nem lehetett nagyobb 2 km-nél. Az 1995-ben mért OH-kibocsátás alapján viszont az aktív terület mérete legalább 30 km^2 volt, vagyis a korábbi méretbecslés téves volt. Mivel BÖNHARDT és társai 1994-es méréseik alapján 2.2 km-re becsülték az ép mag átmérőjét, az adatok igencsak ellentmondóak.

Ezek után nagy érdeklődéssel várták a 2001. január 27-én bekövetkező újabb perihéliumot, amikor — nagy meglepetésre — sikerült újra megtalálni a *B* és *D* magokat, ráadásul KADOTA 2000. november 28-án egy újabb, *E*-vel jelölt komponenst is talált. Ez utóbbi még 1995 decemberében szakadhatott le a fő komponensről. A *C*-t 0.27, illetve 0.74 nappal követő magok az abból kiinduló porcsóvába voltak ágyazva. Az igen nagy földtávolság ellenére a fő komponens 10^m -ig fényesedett, ami arra utal, hogy a *141P/Machholz* 2-vel elentétben itt az aktivitás nem csökkent. Ennek pedig azért van jelentősége, mert az üstökös 2006. május 13-i földközelsége (0.074 AU) idején pozitív deklináció és 100° körüli elongáció mellett várhatóan 2^m -ig fog fényesedni, több tucat fok hosszú poruszályában pedig 4–5 magnitúdós kondenzációkként látszanak majd a leszakadt darabok — ha addig megmaradnak. *Tau Herculidák* néven meteorraj is kapcsolható az üstököshöz, melynek eddigi aktivitása ($ZHR = 1 - 3$) igen szerénynek mondható, ám a jövőben minden bizonnyal tanúi leszünk néhány fergeteges meteorzápornak.



1.13. ábra. A 73P három darabja 2000. december 5-én (M. JÄGER felvétele)

103P/Hartley 2 és P/2001 Q2 (Petriew)

A 103P-t M. HARTLEY fedezte fel 1986-ban. A 6.3 éves keringési idejű és 1 AU perihélium-távolságú égitest 1991-ben $8^m.5$ fényességet ért el. A közölt adatok szerint felfedezés utáni pályája egy 1982-ben bekövetkezett Jupiter-közelség miatt alakult ki. A P/2001 Q2-t V. A. PETRIEW véletlenül fedezte fel, 2001. augusztus 18-án. Már az első számítások mutatták a két üstökös pályájának hasonlóságát (1.1. táblázat), és azt, hogy a Petriew-üstökös 1982. július 6-án 0.15 AU-ra megközelítette a Jupitert, aminek következtében 1.37 AU perihélium-távolsága 1.00 AU-ra módosult. Ez az üstökös kb. 2^m -val halványabb, mint a 103P, és valószínűleg a fő ellenség, a Jupiter árapályerői szakították le róla 1982-ben. Mivel mindkét üstökös pályája 0.05 AU-nál jobban megközelíti a földpályát, elképzelhető egy velük kapcsolatos, új meteorraj jelentkezése november első felében.

1.1. táblázat

Pályaelem	103P/Hartley 2	P/2001 Q2 (Petriew)
T	2004.05.17.9752	2001.09.01.9222
e	0.699513	0.696255
a	3.448642 AU	3.113449 AU
q	1.036274 AU	0.945694 AU
ω	180°8093	181°9012
Ω	219°8986	214°1075
i	13°6020	13°9445
P	6.40 év	5.49 év

C/1996 Q1 (Tabur)

V. TABUR ausztrál amatőr csillagász fedezte fel 1996. augusztus 19-én, 10^m-s fényességnél. Már az első pályaszámítások után feltűnt, hogy pályaelemei nagyon hasonlítanak az 1988-ban földközelsben járt *Liller-üstökös* adataira. A szétszakadás valószínűleg az előző napközelség idején, 2900 évvel ezelőtt történt, amikor a Tabur-üstökös apró sziklaként levált a Liller-üstökösről. Ezt bizonyítja, hogy a Tabur-üstökösnek szokatlanul nagy volt a portartalma, és két héttel november 3-i perihéliumátmenete előtt hirtelen elfogyott az anyaga. Eltűnt a csillagszerű mag, és csak a pályán tovahaladó, lassan széteszlő porfelhőt lehetett látni, amint több fok hosszúságú, egyre halványabb lepellé alakul. Fényessége két hét alatt 5^m-t csökkent.

C/2002 A1 (LINEAR) és C/2002 A2 (LINEAR)

A Jupitertől 8°-ra, egymástól pedig 40'-re látszó, csillagszerű égitesteket ugyanazon a 2002. január 8-i felvételen fedezte fel a *LINEAR* program. Szokatlan, azonos irányba tartó mozgásuk miatt tüzetesebb vizsgálat alá vették őket, és észrevették a fejből kiinduló halovány csóváikat. A számítások szerint az azonos pályán haladó égitestek ($q = 4.7$ AU, $P = 77-78$ év) ekkor 0.7 AU-ra voltak a Jupitertől, de 2001 júliusában ez a távolság 0.4 AU-nál is kisebb volt. Valószínűleg ekkor szakadt ketté a kisbolygószerű égitest, a keletkező törmelék pedig létrehozta a vékony csóvákat. A kevés észlelés miatt a korábbi pálya adatai még nem ismertek.

Sárneckzy Krisztián

Astronomy and Astrophysics, **342.**, 285. o. (1999);

341., 912. o. (1999), **310.**, L17. (1996);

MNRAS **280.**, 1201. o. (1996);

PASJ **49.**, L41. (1997).;

cometography.com.

A Pioneer-szondák rejtélyes fékeződése

Az egyszerű felépítésű *Pioneer-10* amerikai űrszonda 1972. március 2-án startolt a Jupiter felé. Kezdeti sebessége, 13.14 km/s, jóval meghaladta a Naprendszer végleges elhagyásához szükséges szökési sebességet. Indítása után 30 évvel, 2002 tavaszán a szonda már 80 AU-ra (11.93 milliárd km-re) járt a Földtől, sebessége a Naphoz képest 12.24 km/s-ra csökkent, de még mindig működőképes volt. A Földről küldött parancsra 22 óra 10 perc elteltével érkezett válasz: a szonda egyetlen, még működő műszere, egy kozmikusugárzás-detektor 44 percnyi adatot szolgáltatott, amelyből kiderült, hogy még mindig a helioszférán belül tartózkodik. (A szonda csak 8 W teljesítménnyel sugároz!)

Az 1973 áprilisában felbocsátott testvérszonda, a *Pioneer-11* ugyancsak az ekliptika síkjában, de gyakorlatilag ellentétes irányba repül kifelé a Naprendszerből. Ezzel a műszerrel 1990 októberében, 32 AU távolságban azonban megszakadt a kapcsolat.

A *Jet Propulsion Laboratory* J. ANDERSON vezette kutatócsoportja minden lehetséges hatást figyelembe véve elemezte a szondák mozgását a Naprendszer gravitációs terében. Eredeti céljuk az volt, hogy esetleg ismeretlen, távoli nagybolygót fedezzenek fel a szondák mozgására gyakorolt vonzása alapján. Ilyet nem találtak, viszont M. NIETO már 1994-ben felfigyelt arra, hogy mindkét űrszonda mozgásában olyan fékeződés tapasztalható, amelyet nehéz értelmezni. Ez a rejtélyes lassulás megmaradt akkor is, amikor újabb, az előzőtől független pályaszámítási programmal ismét végigszámolták a *Pioneer-10*, illetve a *Pioneer-11* mozgását. A gyorsulás mindkét esetben azonos és a Nap felé mutat; értéke $(8.74 \pm 1.25) \cdot 10^{-13} \text{ km/s}^{-2}$.

Ez a fékeződés igen csekély, de nem elhanyagolható. Mintegy 12 milliárd-szor kisebb annál, ami a Föld felszínén fennáll, és még 80 AU távolságban is 1500-szor gyengébb, mint a Nap négyzetesen csökkenő vonzóerejének ottani értéke. Nem magyarázható sem sugárnyomással, sem a fedélzeti radioizotópos generátor működésével, sem az interplanetáris por és gáz közegellenállásával. A Pioneer-szondák ugyanis igen egyszerű szerkezetűek, nincsenek rajtuk fedélzeti helyzetstabilizáló fúvókák, ezért esetükben a nem gravitációs hatások is jól modellezhetők. (Ezzel ellentétben a Naprendszert ugyancsak elhagyó *Voyager-szondáknál* éppen a stabilizáló rendszer miatt korlátozott a pályaszámítás pontossága.)

Mi történne a jövőben a Pioneer-szondákkal, ha ez a fékeződés továbbra is folyamatos és állandó maradna? A számítások szerint 2600 AU távolságban válna egyenlővé a Nap vonzóereje és ez a rejtélyes fékezőerő. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy a szonda lefékeződik és visszafordul. Ez csak valamikor 400 000 év elteltével, mintegy 500 000 AU távolságban következne be, addigra

csökkenne nullára a szonda sebessége. Onnan valószínűleg visszafordulna és mintegy 800 000 év elteltével jutna vissza újra a Nap környezetébe.

A rejtélyes fékeződés okára a kutatócsoport csak lehetőségeket vet fel. Lehet, hogy a newtoni gravitációs törvény nagy távolságokon módosítandó, lehet, hogy teljesen új kozmológiai hatásról van szó, esetleg az Univerzum láthatatlan, de gravitációjával jelen lévő, rejtett tömegének valóságos eloszlását nem ismerjük igazán. Mindenesetre a jelenség annyira érdekes és újszerű, hogy érdemes megvizsgálni, fellép-e más, mesterséges vagy természetes égitesteknél is. A jelenlegi szondák túlságosan bonyolult szerkezetűek, és mozgásuk legfeljebb akkor vizsgálható a kellő pontossággal, amikor elrepülnek a Föld mellett. E rövid szakaszokon azonban aligha lehet elegendő adatot gyűjteni. Ígérete-sebb lenne a tervezett Plútó-szondát olyanra készíteni, hogy vele ez az hatás nagy pontossággal kimérhető legyen. A Naprendszer elhagyó más szonda ter-vei jelenleg nem szerepelnek az űrprogramokban.

Almár Iván

The Planetary Report, **21.** (2001); **22.** (2002).

A kétmódusú csillagkeletkezés

A kétmódusú csillagkeletkezés fogalma már több évtizede használatos, de tartalma az idők során változott. A kifejezés az 1950-es években született, amikor kiderült, hogy a kis és nagy tömegű csillagok keletkezésének sok tulajdonsága eltér egymástól. A legfeltűnőbb különbség a fiatal csillagoknak környezetükre gyakorolt hatásában mutatkozik meg: a Naphoz hasonló tömegű fiatal csillagok környezete sötét felhőkben gazdag, a kék óriások viszont fényes, forró ionizált tartományokat hoznak létre a csillagközi anyagban.

Később a kétmódusú csillagkeletkezés fogalma módosult: már nem a kis és nagy tömegű csillagok keletkezését különböztetjük meg, hanem a magányos és csoportos csillagkeletkezést. Nagy tömegű csillagok csak halmazokban születhetnek, míg a Nap típusú csillagok magányosan és halmazok tagjaiként is. A fiatal halmazokban mindig keletkeznek a Napnál nagyobb tömegű csillagok is. Öt naptömeg körül van a választóvonal: ennél nagyobb tömegű csillag már nem születik magányosan. A keletkező csillaghalmaz élettartama nagyon rövid is lehet: előfordul, hogy mire a benne keletkezett csillagok elérik a fősorozatot, a halmaz már szétszóródik.

Az, hogy egy csillagközi molekulafelhőben néhány magányos csillag születik-e vagy csillagok százait-ezreit tömörítő halmaz, elsősorban a felhő környezetében zajló csillagközi folyamatoktól függ. Korábban a két módust kétféle fizikai folyamattal magyarázták. A magányos csillagok keletkezéséhez

néhány naptömegnyi alapanyag elég, ekkora felhő gravitációs összeomlását viszont az átlagos csillagközi mágneses tér meg tudja gátolni. A csillagközi sugárzási tér ibolyántúli fotonjai ugyanis ionizálják a felhő anyagának egy kis részét, és az ionok csak a mágneses erővonalak mentén mozoghatnak. Kis felhőtömeg, megfelelő ionizációs fok és mágneses térerősség esetén az ionok és a semleges molekulák ütközései együtt tartják a semleges és az elektromosan töltött gázkomponenst, a semleges gáz nem tud a mágneses térbe „befagyott” ionoktól különválva összehúzódni. A gravitációs összeomlás feltétele ezekben a kis felhőkben az ionizáltság csökkenése. Elég nagy sűrűség esetén az UV fotonok már a felhő vékony külső rétegében teljesen elnyelődnek, így a felhő belsejében sűrű, hideg, semleges gázból álló mag alakul ki, amelynek belső mozgásait már nem tudja fékezni a mágneses tér. Ez a sűrű felhőmag lassan hűl, míg végül a gravitáció felülkerekedik a gáz termikus nyomásán, és a felhőmag elkezd összehúzódni.

Ez a folyamat csoportos csillagkeletkezésnél nem jöhet szóba, ugyanis a csillagközi térben sehol sem mértek olyan erős mágneses teret, amely az ionok közvetítésével, az itt leírt fékezési folyamattal több száz naptömegnyi felhő gravitációs összehúzódását meg tudná akadályozni. Sőt, az utóbbi években az is kiderült, hogy a fiatal csillagok koreloszlása a magányos csillagokat létrehozó felhőkben sokkal gyorsabb csillagkeletkezést sugall, mint amekkora az itt leírt folyamat becsült időskálája.

A csillagképző felhőmagok valószínűleg sokkal dinamikusabb körülmények között alakulnak ki. Régóta ismert, hogy felhők belsejében szuperszonikus mozgások zajlanak. A kavargó felhőben úgy keletkeznek sűrű magok, hogy a felhőcsomók egymással ütközve hirtelen lefékeződnek, és az ütközési tartományban sűrű gázréteg jön létre, amely gyorsan le tud hűlni. A csillagközi turbulencia tulajdonságaitól — azaz a felhőben kavargó gázcsomók méretétől és sebességeloszlásától függ, hogy csoportos vagy magányos csillagkeletkezés indul-e meg. Ezt pedig a felhő belső mozgásait fenntartó csillagközi fizikai folyamatok határozzák meg, amelyek lehetnek például szupernóva-robbanások, vagy fiatal és öreg csillagok által kibocsátott csillagszél.

Ez a kép egyesíti a csillagkeletkezés két módját. A csillagok kialakulásához vezető fizikai folyamatok természete a csoportos és a magányos csillagkeletkezés esetében azonos. A kis és nagy tömegű csillagok születési folyamata azonban számos részletében különbözik egymástól. A nagy tömegű csillagok minden bizonnyal nem egyetlen felhőmag-töredék összeomlásával, hanem több protocsillag összeolvadása útján jönnek létre, és a tömegbefogást még akkor is folytatják, amikor magjukban már elkezdődött a hidrogénfúzió. Így életük kezdetén felfelé haladnak a Hertzsprung – Russell-diagram fősorozatán. Ezzel szemben a Naphoz hasonló társaik tömegük nagy részének összegyűjtése után lassú összehúzódással érik el a fősorozatot. A kétféle keletkezési mód közötti

választóvonal $8 M_{\odot}$ körül van. A csillagkeletkezés fizikájának egységes képe azt sugallja, hogy a két fő mód között folyamatos átmenet van.

A Tejútrendszer csillagainak többsége valószínűleg száznál kevesebb csillagból álló kis halmazokban keletkezik, és ezek a halmazok a csillagkeletkezés végére szét is szóródnak. A $2 M_{\odot}$ -nál kisebb, illetve annál nagyobb csillagok keletkezésének és fősorozat előtti fejlődésének számos eltérésére is fény derült már. A fősorozat előtti csillagok legfontosabb színképi jellegzetessége, a $H\alpha$ emissziós vonal a csillagra hulló anyagból ered. A vonal polarizációs állapotából következtetni lehet arra, hogy a behulló anyag milyen pályán halad a csillag felé. A megfigyelések azt mutatják, hogy a kisebb tömegű (*Herbig Ae* és *T Tauri* típusú) csillagokra mágneses erővonalak mentén hull a csillagot övező akkréciós korong anyaga, míg a nagyobb (de $8 M_{\odot}$ -nál kisebb) tömegű (*Herbig Be* típusú) csillagok korongjából valószínűleg az egyenlítő mentén spirálozik a csillagra az anyag.

Kun Mária

Galactic Star Formation along the Stellar Mass Spectrum

című konferencia (2002. március);

astro-ph/0201157.

33 éves csillagközi buborék!?

A VLBA (Very Long Baseline Array) segítségével $0''.005$ szögfelbontású térkép készült a *Cepheus A* csillagkeletkezési területről a vízgőz 1.3 cm-es hullámhosszú vonalában. Korábban a VLA (*Very Large Array*) rádió-interferométerrel már jó néhány vízgőzmézert észleltek a *Cepheus A* területén. A VLBA szögfelbontása lehetővé tette e mézerforrások szerkezetének és sajátmozgásának vizsgálatát. Kiderült, hogy az egyik ismert mézerforrás sok kisebb forrásra bontható, amelyek meglepően pontos körív mentén sorakoznak. A *Cepheus A* 725 pc-es távolságában a körív sugara 62 AU. A sajátmozgás-mérések szerint az alakzat 9 km/s sebességgel távolul. Ezek az adatok azt sugallják, hogy a mézerforrások által kirajzolt buborék mintegy 33 éve kezdett távolulni.

A csillagkeletkezést kísérő mézersugárzás olyan helyeken jön létre, ahol a molekulafelhőben kialakult csillagok sugárzása és csillagszele sűrű és forró tartományokat hoz létre a környező felhőben: például az újszülött, nagy tömegű csillagok által ionizált *ultrakompakt H II-zóna* határán, vagy fiatal csillagok pólusainak irányában kiáramló erőteljes csillagszél és a molekulafelhő találkozási felületénél. A mézersugárzó tartományok mérete nagyon kicsi, ezért a nagy szögfelbontású megfigyelések különösen alkalmasak a források finom

részleteinek és mozgásainak feltárására. A csillagkeletkezés során észlelhető csillagszél nem gömbszimmetrikus. A Cepheus A buborékjának nagyon pontos körszimmetriája tehát azt sugallja, hogy valószínűleg ultrakompakt H II-zónát figyelhetünk meg tágulása kezdetén. A VLA-val 3.6 cm-es, folytonos rádiósugárzásban sikerült azonosítani a buborékot kialakító fiatal csillagot, azonban a kevés adat nem teszi lehetővé színtípusának és tömegének meghatározását.

A Cepheus A buborékja több szempontból is rendkívüli jelenség: egyrészt egy nagyon rövid időtartamú esemény, egy H II-zóna születése figyelhető meg benne, másrészt figyelemre méltó a szimmetriája. A csillagszülő felhők csomós szerkezete miatt az ultrakompakt H II-zónák többnyire nem teljesen gömbszimmetrikusak. Azt várnánk, hogy minél korábbi fázisában látunk egy ilyen objektumot, annál szabálytalanabb alakja van, hiszen annál egyenetlenebb sűrűségeloszlású az a közeg, amelyben tágul.

Kun Mária

Galactic Star Formation along the Stellar Mass Spectrum
című konferencia (2002. március).

A legfiatalabb nagy tömegű csillag

A csillagkeletkezés kutatásának egyik nagy kihívása az összeroskadó csillagközi felhő megfigyelése⁴. A kis tömegű csillagok keletkezése sokkal gyakoribb és ráadásul jóval lassúbb folyamat, mint a nagyoké. Ezért nem meglepő, hogy a csillaggá zuhanás keresése először olyan felhőkben hozott sikert, ahol a Napunkhoz hasonló csillagok születnek. Az újszülött nagy tömegű csillagokról általában a folytonos rádiósugárzást kibocsátó, mélyen a molekulafelhők belsejébe ágyazott *ultrakompakt H II-zónák* adnak hírt. A *SEST* (Swedish-ESO Submillimeter Telescope) nagy érzékenységu és szögfelbontású milliméteres rádió-megfigyelései olyan nagy tömegű fiatal csillag felfedezését tették lehetővé, amely még nem kezdte ionizálni a környezetét. Az *IRAS 16272–4837* hideg infravörös forrás luminozitása $2.4 \cdot 10^4 L_{\odot}$, tömege mintegy $2000 M_{\odot}$, távoli infravörös hullámhosszakon mért tulajdonságai pontosan olyanok, amilyenek egy átlagos ultrakompakt H II-zónáé. Az infravörös sugárzást a sűrű felhőben található por bocsátja ki, amely elnyeli a belsejében rejtőző csillag sugárzását. A forró, fiatal csillag által ionizált gázt a benne levő szabad elektronok cm-es hullámhosszú rádiósugárzása mutatja meg. Az *IRAS 16272–4837*

4. APAI DÁNIEL–DOMSA ISTVÁN–MOÓR ATTILA: Barnard 335: A csillagkeletkezés Szent Grálja. *Csillagászati évkönyv 2001*, 249. o.

helyén nem észlelhető az ionizált tartomány létre utaló folytonos rádiósugárzás, noha a SEST érzékenysége ezt lehetővé tenné. Ez azt jelenti, hogy ez a csillag keletkezésének korábbi szakaszában van, mint a $10^4 - 10^5$ éves ultrakompakt H II-zónák. Valóban: a CS molekula színeképvonalának alakja erőteljes bezuhanást mutat: a születő csillag tömege $10^{-3} M_{\odot}$ /év ütemben nő. A bezuhanó gáz tömege nagyobb, mint amennyit azonos idő alatt a felhőbe ágyazott csillag ionizálni képes. Ez lehet a H II-zóna hiányának oka.

Kun Mária

Galactic Star Formation along the Stellar Mass Spectrum
című konferencia (2002. március).

Távolságmérés fedési kettősökkel

A fedési kettősök fénygörbéjét és a komponensek színeképét alaposan elemezve nagy pontossággal kiszámíthatók a kettős rendszer fizikai adatai, ezek ismeretén pedig meghatározható a rendszer távolsága, sőt még a kora is.

A mért keringési periódusból és a spektroszkópiai úton meghatározott pályamenti sebességekből kiszámítható a pálya valószínű mérete. A fénygörbe analíziséből megkapható, hogyan aránylik a csillagok átmérője a pálya méretéhez. A valódi pályaméret ismeretében ezután a csillagok valódi átmérője is kiszámítható. A színeképek részletes vizsgálatából meghatározható az egyes csillagok felületegysége által kisugárzott teljesítmény. Az átmérőket ismerve kiszámolható a teljes felület és a kisugárzott összteljesítmény – az abszolút fényesség, amit a látszó fényességgel összevetve megkapjuk a rendszer távolságát.

Az egyik legnagyobb és legszebb gömbhalmaz, az ω Centauri távolságát is egy benne levő 17^m -s fedési kettős alapján határozták meg. A halmaz távolságára 17 800 fényévet kaptak – mindössze 4%-os hibával. A pontos adatokból (a keringési periódus 2.5 nap, a komponensek tömege 0.76 és 0.81 M_{\odot} , a csillagok sugara 0.9 és 1.9 R_{\odot} , fényerejük pedig 1 és 3.5 L_{\odot} . Mindebből a kettőscsillag korára 11.8 ± 0.6 milliárd évet kaptak, tehát maga az ω Centauri gömbhalmaz sem lehet ennél fiatalabb.

A mérés elve régóta ismert, az viszont újdonság, hogy most már ilyen távoli és halvány csillagokat is kellő pontossággal mérni lehet. A következő lépés egy ehhez hasonló mérés lesz, de még távolabb, a Tejútrendszer egyik kísérő galaxisában, a 160 000 fényév távolságra levő Nagy Magellán-felhőben.

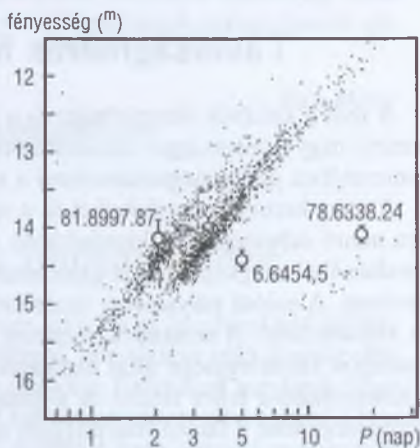
Patkós László

Astronomical Journal, 121., 3089. o. (2001.)

Cefeidák fedési kettősökben

Nagyon kevés szabályos pulzáló változócsillagot ismerünk fedési kettős rendszerben. Az ilyen kettőscsillagok jelentősége igen nagy: a fedési fényváltozás és a hozzá tartozó spektroszkópiai változások modellezésével nagyon pontos fizikai paraméterek (tömeg, sugár, hőmérséklet, abszolút fényesség, távolság) határozhatók meg, melyek a független módszerek miatt erős megkötéseket adnak a pulzáló komponens rezgési állapotával kapcsolatban. Az ismert δ Scuti típusú, rövid periódusú, pulzáló változókból közel tíz tagja fedési kettős rendszernek, a Tejútrendszer cefeidái közül viszont egyetlen egyet sem ismerünk fedési kettőscsillagban.

A gravitációs mikrolencsét ke-reső programok változócsillagászati eredményeivel többször foglalkozott már a Csillagászati évkönyv is⁵. A MACHO program három olyan cefeidát talált a Nagy Magellán-felhőben, melyek mindegyike fedési kettős tagja. A cefeidák pulzációs periódusa 5, 18 és 2 nap. A 400, 420 és 800 napos keringési periódusú kettős rendszerek fénygörbéi jól kirajzolódnak a több évet lefedő, folyamatos fotometriai mérésekből. A kombinált pulzációs és fedési fényváltozás modellezésével az amerikai kutatócsoportnak sikerült behatárolnia a csillagok fejlődési állapotát. Közvetlenül ki lehetett mutatni a cefeida komponensek pulzációs méretváltozásait (ez optikai interferometriával mindeddig csak egyetlen, közeli cefeidánál volt lehetséges).



1.14. ábra. A három fedési kettős cefeida változócsillag és a Nagy Magellán-felhő cefeidáinak periódus – fényesség relációja.

Egyikük egyértelműen első felhangban pulzáló klasszikus cefeida (81.8997.87), a másik II. típusú cefeida (78.6338.24), míg a harmadik besorolása bizonytalan

Kiss László

astro-ph/0201481, 2002. január.

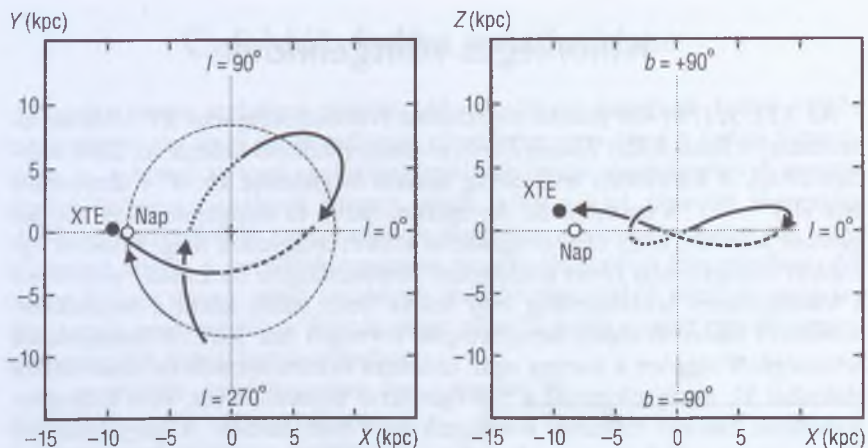
5. Pl.: SZABADOS LÁSZLÓ: A mikrováltozó-csillagászat és a mega-változócsillagászat felé Csillagászati évkönyv 2001, 237. o.

Különleges röntgennóva

Az *XTE J1118+480* jelzésű objektumot (változócsillagként *KV UMa* az elnevezése) a *Rossi X-Ray Timing Explorer* röntgenműhold fedezte fel 2000. március 29-én. A kitörésben levő csillag optikai megfelelője kb. 6^m -t fényesedve érte el $V = 13^m$ -s maximumát. Az optikai, rádió- és röntgenmérések alapján gyorsan kiderült, hogy egy röntgennóva kitörését figyelték meg. Ebbe az egzotikus csillagtípusba olyan kölcsönható kettőscsillagok tartoznak, melyekben a főkomponens neutroncsillag vagy fekete lyuk, amely körül a mellékkomponensről átáramló anyag anyagbefogási korongot hoz létre. A tömegátadás sebességétől függően a korong alján időnként akkora nyomás és hőmérséklet alakulhat ki, amely elegendő a hidrogénfúzió beindulásához, és a hidrogénbombához hasonló robbanás következik be a rendszerben. A nagy sűrűségű főkomponens szélsőségesen erős gravitációs terében az anyagbefogási korong igen magas hőmérsékletet ér el, és emiatt a felszabaduló energia jelentős része a röntgentartományban sugárzódik ki.

A röntgennóvák legfontosabb jellemzője, hogy mi alkotja a főkomponenst. A *KV UMa* előtt 10 olyan röntgennóvát ismertünk, melyben valószínűleg fekete lyuk a központi objektum. A kérdés eldöntéséhez fel kell venni a rendszerek kitörés utáni radiálissebesség-görbéjét, amelyben a mellékkomponens sebességváltozása hordozza az információt a főkomponens tömegéről. Amerikai kutatók 2000 decemberében az arizonai *Whipple Obszervatórium* 6.5 m-es *MMT-távcsövével* spektroszkópiai méréseket végeztek az akkorra 18^m -ig halványodó csillagról. Kiderült, hogy a mellékkomponens *K5V–M1V* fősorozati törpe, ami 4.08 órás periódussal, 698 ± 14 km/s sebességgel kering a tömegközéppont körül. Ezen adatok alapján a valószínűsíthető legkisebb tömeg messze meghaladja a neutroncsillagok maximális tömegét (kb. $3 M_{\odot}$). Ezzel a *KV UMa* lett a 11. a fekete lyukat tartalmazó röntgennóvák listájában. A színeképekkel párhuzamosan felvett fénygörbék alapján a becsült pályahajlás biztosan nagyobb 40° -nál, a fekete lyuk legvalószínűbb tömege pedig $10 M_{\odot}$ lehet. Az eddig felfedezett esetek közül csak a *V404 Cygni* főkomponensének nagyobb a tömege ennél.

Egy nemzetközi kutatócsoport a *KV UMa* tejútrendszerbeli elhelyezkedését tanulmányozta. A hasonló tömegű fekete lyukakkal ellentétben ugyanis a *KV UMa* magas galaktikus szélességen található. Figyelembe véve 1.9 kpc-nek becsült távolságát, a csillag a galaktikus halóba tartozik. Felmerül a kérdés: hogyan kerülhet oda egy ilyen ritka égitest? Az egyik lehetőség szerint a Tejútrendszer síkjában történt aszimmetrikus szupernóva-robbanás lökése dobhatta ki a rendszert (a nagy sebességű neutroncsillagokhoz hasonlóan). Egy másik elképzelés a Tejútrendszer korai szakaszában, a halóban létrejött, nagy



1.15. ábra. Az XTE J1118+480 pályája a Tejútrendszerben a Nap előző galaktikus keringése (240 millió év) alatt

tömegű csillagok maradványai közé sorolja be az objektumot. A két lehetőség közül a galaktikus pálya pontos meghatározásával lehet választani.

Egy csillag mozgását a Tejútrendszer gravitációs terében nem könnyű meghatározni. Először is ismerni kell a pillanatnyi hely- és sebesség-koordinátát, majd a Tejútrendszer tömegeloszlási modelljét felhasználva numerikusan ki lehet integrálni a mozgást időben előre és visszafelé. A módszer fő bizonytalansága a Tejútrendszer gravitációs terének modellezésében rejlik, de kvalitatív képet még kevésbé pontos modell használatával is kaphatunk.

A galaktikus koordináták és távolság alapján az objektum térbeli helye ismert. A sebesség-koordinátához a csillag radiális sebességét spektroszkópiai úton, a látóirányra merőleges sebességkomponenst a sajátmozgásból lehet kimérni. A sajátmozgást VLBA rádiómérésekből határozták meg. Az égi pozíciót ezred ívmásodperc pontossággal kapták meg. Változása, a sajátmozgás az eredmények szerint $0''.0183 \pm 0''.0016/\text{év}$. Ezek alapján a KV UMa a Nap környezetéhez képest 145 km/s sebességgel mozog. A Tejútrendszer potenciáljának standard modelljét (korong, központi dudor és haló komponens) felhasználva a csillag pályája leginkább egy gömbhalmazéra hasonlít. A fősíkból való kilöködéshez egy $40 M_\odot$ anyagot ledobó szupernóva-robbanás kellett volna, ami nem túl valószínű. Így a KV UMa valószínűleg egy rendkívül különleges, korai, nagy tömegű, halópopulációhoz tartozó csillag maradványa.

Kiss László

Astrophysical Journal, 2001. április;

Nature, 2001. szeptember.

Szupernóva lesz az U Scorpii?

Az *U Scorpii* a visszatérő nóvák közé tartozó kataklizmikus változócsillag, amelynek eddig hat kitörését sikerült megfigyelni (1863, 1906, 1936, 1979, 1987, 1999). Valószínűleg kedvezőtlen pozíciójának tudható be (mindössze 4° -kal van az ekliptika fölött), hogy a körülbelül 8–10 éves ciklussal ismétlődő kitöréseire nem mindig figyeltek fel.

A kataklizmikus változók szoros kettőscsillagok, amelyekben az egyik – főszorozatról elfejlődött, felfúvódott – csillag anyagot ad át fehér törpe társának. E változók egyik fajtáját képezik a visszatérő nóvák, amelyeknél a folyamat csillagászati időskálán nézve igen gyakran vezet kitörésekhez, a nóvákéra jellemző hatalmas fényességnövekedést okozva.

A visszatérő nóvák tovább osztályozhatók aszerint, hogy a kísérő csillag vörös óriás, szubóriás vagy törpe csillag. Három olyan rendszert ismerünk, amelyeket szubóriás–fehér törpe páros alkot. Az U Sco azzal tűnik ki közülük, hogy egyben fedési kettős is. Ezért fénygörbéjének és színképének vizsgálatával mindkét csillag tömege meghatározható – ez sikerült most egy brit kutatócsoportnak.

Az U Sco kitörése azzal magyarázható, hogy a fehér törpe felületén felhalmozódik a szubóriásról átáramló anyag, és a gáz a behullás során annyira felhevül, hogy egy idő után megindulnak benne a termonukleáris reakciók. Hasonló folyamat játszódik le a nóvákban is. Az elméleti számítások szerint a fehér törpére átkerült anyag egy forró plazmarétegbe rendeződik, amelynek alján egyre nő a sűrűség és a hőmérséklet. (Ez a plazma normál, tehát kvantummechanikailag nem elfajult állapotban van, közönséges gázként viselkedik.) Amikor a fúzió meg tud indulni, ennek hatására a hőmérséklet emelkedése még jobban felgyorsul. Ezzel együtt addig nő a sugárnyomás is, amíg le nem dobja az anyagbefogással felhalmozódott réteget.

A magreakciók megindulásához ennek a felületi rétegnek el kell érnie egy kritikus tömeget. Minél nagyobb a fehér törpe tömege és minél gyorsabb az anyag átáramlása a felszínére, annál gyakrabban lesznek kitörések. A modellek szerint azonban a kb. tízévenkénti gyakorisággal bekövetkező kitörésekhez a *Chandrasekhar-határt* megközelítő tömegű fehér törpe szükséges. Ezért lényeges a fehér törpe tömege az U Scorpiiban. A modellek azt is megmutatták, hogy a ledobott anyag mindig kevesebb annál, mint amennyi a két kitörés közötti átáramlás során a fehér törpére került – vagyis a csillag tömege folyamatosan növekszik. Ez nagyon lényeges a csillag további sorsának alakulásában, mert mai tudásunk szerint a Chandrasekhar-féle kritikus tömeg átlépésekor la típusú szupernóva-robbanás következik be.

Fotometriai mérésekből, valamint az ausztráliai 3.9 m-es teleszkóppal nyert 51 színképből sikerült megállapítani, hogy a fehér törpe tömege $1.55 \pm 0.24 M_{\odot}$, körülötte anyagbefogási korong található, és a másik csillag sugara $2.1 \pm 0.2 R_{\odot}$. Tehát az anyagbefogási korong forrása tényleg a fősorozatról elfejlődött szubóriás komponens, amely kitölti Roche-tartományát. Az eredmények alapján valószínű, hogy a fehér törpe – tömegének folyamatos növekedése miatt – kb. 700 000 év múlva eléri a kritikus tömeget, és Ia típusú szupernóva-kitörést produkálva összeroppan.

Barcza Szabolcs

MNRAS, 327., 1323. o. (2001).

Kataklizmikus változócsillagok (SDSS)

Az SDSS előzetes felmérése alapján a kataklizmikus változócsillagokról is készült statisztika. A 2001 januárjáig felvett SDSS-képeken összesen 22 kataklizmikus változót találtak, melyek közül 19 új felfedezés. A többszínfotometriából származó színindexek alapján nemcsak a galaxisok, hanem a csillagok esetében is kiválaszthatók a különleges objektumok. Az 1.16. ábrán látható, hogy a színindexek kapcsolatát ábrázoló diagramokon a vonalas emissziót mutató kataklizmikus változócsillagok jól elkülönülő tartományokban találhatók.

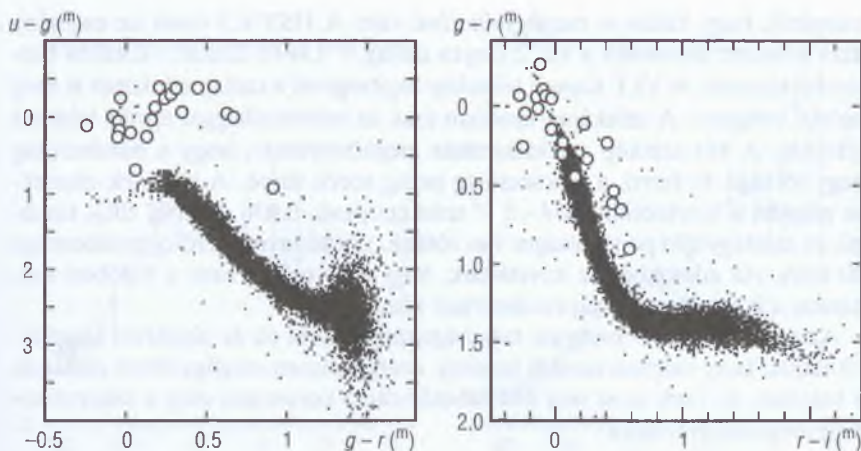
A vizsgálatok időigényesek, mert a színeloszlásban tapasztalt elkülönülés csak szükséges feltétele a kataklizmikusságnak, a típusba soroláshoz az SDSS által felvett színkép tanulmányozása is szükséges. A kutatók becslései alapján a teljes felmérés legalább 400 új kataklizmikus változócsillag felfedezéséhez vezet, ami ugrásszerű változást fog jelenteni a csillagfejlődési elméletek ellenőrzéséhez szükséges statisztikus vizsgálatokban.

Kiss László

Astrophysical Journal, 2002. január.

Azonosított MACHO lencsecsillag

A Tejútrendszer (és más galaxisok) tömegének mindössze tíz százalékát látjuk. A hiányzó, nagyobbik részről gravitációs hatása alapján tudjuk, hogy létezik, méghozzá valahol a Tejútrendszer külső tartományjaiban. Az egyik lehetséges magyarázat szerint azért nem látszik a hiányzó tömeg, mert távoli, halvány csillagokból áll. Ezeknek a Tejútrendszer külső részein (a halóban)



1.16. ábra. Szín-szín diagramok „normális” csillagokra (pontok) és kataklizmikus változókra (üres körök)

feltételezett halvány csillagoknak a kimutatására indították 1993-ban a *MA-CHO* (Massive Compact Halo Objects) programot⁶.

A mérés elve az, hogy rendszeresen megméri nagyszámú (mondjuk egy-millió), a Tejútrendszer határánál távolabb levő csillag fényességét. Ha egy halvány (közvetlenül nem látható) tejútrendszerbeli csillag áthalad a Földet a távoli, fényes csillaggal összekötő egyenesen, akkor a gravitációs-lencse-hatás következtében a távoli csillag fénye átmenetileg felerősödik. Méréstechnikai okokból célszerű, hogy ez a nagyszámú háttércsillag minél kisebb égeterületen legyen megfigyelhető, ezért céltárgynak a legközelebbi galaxisok, a Magellán-felhők a legalkalmasabbak. A háttércsillag kifényesedése időben szimmetrikus (a felszálló ág ugyanolyan alakú és időtartamú, mint a leszálló ág), színfüggetlen (minden hullámhosszon ugyanakkora az amplitúdó), és nem ismétlődik. E tulajdonságai alapján könnyű megkülönböztetni a változócsillagok fényváltozásától.

Ha ismerjük a két csillag relatív távolságát, a mért kifényesedésből következtetni lehet a lencseként működő csillag tömegére. Nagy előrelépés, hogy most első ízben sikerült egy ilyen lencsecsillagot közvetlenül is megfigyelni.

Az eredeti esemény 1993. február 5-én kezdődött (az *LMC-5* jelzést kapta, mivel a háttércsillag a Nagy Magellán-felhőben volt), és mintegy száz napig tartott. Az évek során a lencsecsillag annyira eltávolodott a háttércsillag

6. SZATMÁRY KÁROLY: Barna törpecsillagok mint gravitációs lencsék. *Csillagászati évkönyv* 1995, 154. o.

irányától, hogy külön is megfigyelhetővé vált. A HST 6.3 évvel az esemény után készített felvételén a $16^m.2$ fényes csillag $0''.134$ -re látszik a korábbi hátterobjektumtól. A VLT *Kueyen teleszkóp* segítségével a csillag színeképét is megtudták vizsgálni. A színeképet azonban csak az háttércsillaggal együtt lehetett felvenni. A két színekép szétválasztását megkönnyítette, hogy a háttércsillag nagy tömegű és forró, a lencsecsillag pedig vörös törpe. A mérések elemzése alapján a lencsecsillag $M4-5\ V$ színeképtípusú, $0.036 \pm 0.007\ M_{\odot}$ tömegű, és mintegy 200 pc távolságra van tőlünk. Látóirányra merőleges sebessége 20 km/s. Az adatokból az következik, hogy ez a csillag nem a halóban van, hanem a korongban, a Naprendszerhez közel.

Az egész MACHO program tanulságaként viszont tíz év elteltével megállapíthatjuk, hogy valóban vannak halvány, ezért nehezen megfigyelhető csillagok a halóban, de ezek most már becsülhető száma korántsem elég a hiányzó tömeg megmagyarázására⁷.

Patkós László

Nature, 2001 december.

Vörös és barna törpék osztályozása (SDSS)

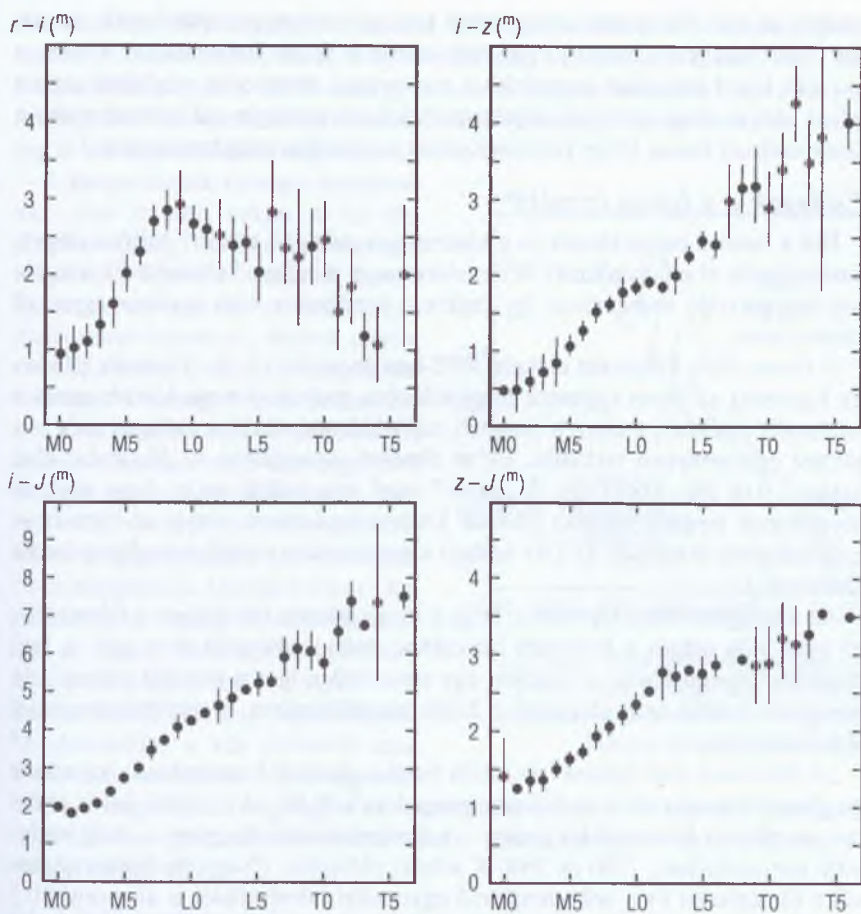
Az utóbbi években definiált L és T színeképtípusokkal⁸ az osztályozást kiterjesztették a hideg és halvány vörös, illetve barna törpék irányába. Egy 718 törpecsillagot tartalmazó SDSS-méréssorozat alapján egy kutatócsoport megvizsgálta, hogy milyen színek és fényességek alapján lehet megadni ezen törpe csillagok legjobb jellemzését. Eredményeik szerint a színeképtípus és luminozitás a közeli infravörös színindexek ($i - z$, $i - J$) alapján kalibrálható a legpontosabban (1.17. ábra). A sztéllárostatisztika szempontjából fontos eredmény, hogy ezekre a halvány, ám gyakori csillagtípusokra meg lehetett becsülni az SDSS felmérés várható eredményességét. Azt kapták, hogy az M törpéket 1.5 kpc-ig, az L törpéket 100 pc-ig, a T törpéket csak kb. 20 pc-ig fogjuk megismerni az SDSS által lefedett égterületen.

Kiss László

Astrophysical Journal, 2002. június.

7. Lásd még *A barna törpék* című hírt ebben a kötetben.

8. Új törpecsillag típusok *Csillagászati évkönyv 2001*, 187. o.



1.17. ábra. Vörös és barna törpék színképtípusa különböző színindexek függvényében

A barna törpék

Az utóbbi években sorozatosan felfedezett Naprendszeren kívüli óriásbolygók a nagyközönség érdeklődésének középpontjában állnak, a hasonlóan szaporodó barnatörpe-felfedezések viszont inkább csak a szakemberek figyelmére számíthatnak. Pedig fizikai jellemzőiket tekintve a két objektumtípus szoros rokonságban áll egymással, sőt az első minden kétséget kizáró barna törpe (*Gliese 229B*) azonosítása 1995-ben éppen ugyanazon a napon történt,

amikor az első, fősorozati csillag körül keringő exobolygót felfedezték. Az azóta eltelt években a barna törpék felfedezése is szinte futószalagon történt, s ma már közel kétszázat ismerünk. A mennyiségi növekedés megfelelő alapot jelent ahhoz, hogy az egyes objektumok különlegességén túl felmérhessük a Tejútrendszer barna törpe populációjának statisztikai tulajdonságait is.

Csillagok-e a barna törpék?

Hol a határ a barna törpék és a közönséges csillagok között? Milyen alapon határolhatók el a bolygóktól? A természet nem mindig alkalmazkodik a tudósok kategorizáló hajlamához, így ezekre a kérdésekre nem is olyan egyszerű választ adni.

A barna törpe kifejezést először 1975-ben javasolta C. B. TARTER (*Berkeley Egyetem*) az olyan égitestek megjelölésére, melyek tömege kisebb annál a minimális értéknél, melyre a magban zajló hidrogénfúzió a csillagot még sugárzási egyensúlyban tarthatja. Ez az elméleti tömeghatár, a „fősorozat alsó határa”, $0.08 M_{\odot}$ körül van. A „barna” jelző arra próbál utalni, hogy ezek az objektumok megállíthatatlan hűlésük közben sugárzásuk zömét az infravörös tartományban bocsátják ki. (Az emberi szem számára valójában mélyvörösnek tünnének.)

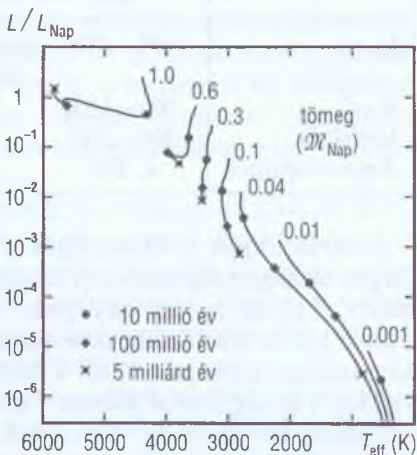
Az a leegyszerűsítő kijelentés, hogy a barna törpék belsejében a hőmérséklet nem elég magas a hidrogén fúziójához, tulajdonképpen nem igaz: a legnagyobb tömegű barna törpékben egy rövid időre igenis beindul a fúzió, de energiatermelése nem elegendő a hűlés megállításához, a sugárzásegyensúly létrehozásához.

„A fősorozat alsó határa” azonban tisztán elméleti konstrukció. Az ennek megfelelő tömegérték a szokásosan megadott $0.08 M_{\odot}$ -tól $\pm 10\%$ -kal is eltérhet, az effektív hőmérséklet pedig — a fémtartalomtól függően — még szélesebb tartományban, 1700 és 3600 K között változhat. (Nagyobb fémtartalomnál a tömeghatár és a neki megfelelő egyensúlyi hőmérséklet is alacsonyabb.) A tömeghatár alatti égitestek sugara pedig az elméleti modellek szerint tömegüktől és hőmérsékletüktől függetlenül közel egyforma, a Jupiter sugarához hasonló érték. Így az ismert $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$ összefüggés szerint hőmérsékletük és luminozitásuk között univerzális összefüggés van: a HRD-n tehát ezek az objektumok is egy görbe mentén helyezkednek el, ami az elméleti fősorozat meghosszabbításába esik (1.18. ábra). Megfigyelési szempontból tehát a fősorozat lefelé egészen a Jupiterig folytatódik.

Hűlésük során a barna törpék a (meghosszabbított) fősorozat mentén lefelé haladnak. E fejlődés és az elméleti fősorozat végének fémtartalom-érzékenysége miatt nincs éles határ a fősorozat mentén a vörös és barna törpék között, hanem a közepes M és közepes L színekposztályok közötti tartomány-

ban mindkét objektumtípus előfordul. (Ehhez hasonlóan a T színképtípusú égitestek között elvben fiatal, még ki nem hűlt óriásbolygók is lehetnek.) Elkülönítésük csupán a HRD-n elfoglalt helyük alapján lehetetlen, így a tisztán megfigyelési szempontok azt sugallják, nem érdemes a barna törpék és a csillagok között éles különbséget tenni.

A barna törpék tömegtartományának alsó határát sokan a $13 M_J$ (Jupiter-tömeg) értéknél javasolják megvonni. Ennél a tömegnél kisebb égitestekben már a nehézhidrogén fúziója sem lehetséges. Mások szerint viszont a barna törpék és bolygók között nem a tömeg, hanem a keletkezési mód alapján kellene különbséget tenni. A barna törpék a csillagokhoz hasonló mechanizmusok révén jönnek létre, a bolygók viszont a már létrejött csillagok körüli protoplanetáris korongokban (proplidokban) keletkeznek az anyag csomósodásával. Így az egyes halmazokban felfedezett „szabadon lebegő bolygók”⁹ valójában inkább kicsiny barna törpék. Mindazonáltal a két definíció csak kevés esetben mond ellent egymásnak, s a nagy kérdés az, hogy a két keletkezési mechanizmus által létrehozott égitestek tömegtartományai között a határ véletlenül esik-e egybe a deutériumégés határával.



1.18. ábra. Különböző tömegű vörös és barna törpék fejlődési útja a HRD-n. A jelek az azonos életkornak megfelelő fejlődési állapotokat mutatják

Légkörük és színképük

A barna törpék azonosítása fotometriai és spektroszkópai úton történik. Tipikus eset, hogy az optikai és infravörös tartományban a közelmúltban és jelenleg folyó nagy égboltfelmérések (*2MASS*, *SDSS*, *DENIS*) alapján számolt színindexek segítségével, a különböző színindexek kapcsolatát ábrázoló diagramok, illetve a szín–fényesség-diagram segítségével választják ki a lehetséges jelölteket. Ezeknek a csillagoknak a színképét részletesen tanulmányozva kiválaszthatók közülük a barna törpék. Az azonosításnak az első és legfontosabb kritériuma a színképtípus. Az újabban bevezetett L és T típusok¹⁰ mellett

9. Csillagászati Évkönyv 2002, 182. o.

10. Csillagászati Évkönyv 2001, 187. o.

elméleti oldalról már körvonalazódnak a még hidegebb barna törpék és óriásbolygók főbb színképtípusai:

Színképtípus	hőmérséklet K	domináns vonalak	prototípus
L	1300–2100	alkáli fémek (K, Cs, Rb, Na) fémhidridek (FeH, CrH)	GD 165B
T	500–1300	CH ₄	Gliese 229B
Vízfelhős	200–500		?
Ammóniafelhős	< 200		Jupiter

A barna törpék és óriásbolygók a fenti sorozat mentén hűlnek, ezért tömegük meghatározásához nem elegendő a típus ismerete. Bár a két tucatnyi ismert *T* típusú égitest mindegyike barna törpe, a 170 ismert *L* típusú objektum között feltehetőleg nem elhanyagolható számú „igazi” csillag is akad. Jó minőségű színképek esetén a felszíni gravitációs gyorsulás meghatározása segíthet a tömeg pontosításában. Egyelőre azonban nagyobb szerepe van más módszereknek, pl. az R. REBOLO és munkatársai (*Tenerife*) által még 1992-ben javasolt *lítiumtesztnek*. E teszt azon alapszik, hogy a 63 M_J alatti barna törpékben nem kerül sor a lítiumfúzió beindulására, így azokban – a csillagokkal ellentétben – a lítium mennyisége nem csökken a csillag korával. Ez a teszt főleg akkor használható, ha ismert a vizsgált égitest kora (pl. halmaztagság alapján).

Számuk

Az 1980-as években, amikor még egyetlen barna törpét sem ismertek, többen felvetették, hogy a galaxisok hiányzó tömege nagyszámú barna törpe képeben lehet jelen. Amikor azután a barna törpék gravitációs-lencse-hatásának kimutatására hivatott felmérések¹¹ a vártnál sokkal soványabb eredményeket hoztak, az ellenkező végletet képviselő nézet lett uralkodóvá, miszerint a barna törpék száma csekély a csillagokéhoz és a bolygókéhoz képest.

Az utóbbi évek felfedezései ismét visszafelé billentik a mérleget. A mai becslések szerint a barna törpék teljes száma körülbelül megegyezik a csillagokéval. A tömegfüggvény a barna törpék körében is tovább nő a kis tömegek felé, bár kevésbé meredeken, mint a csillagok esetében. A Tejútrendszer tömegéhez adott járuléuk azonban, csekély tömegük folytán, így is sokkal kisebb a csillagokénál.

¹¹ *Csillagászati Évkönyv 1995*, 154. o.

A barna törpék sivataga

A barna törpékkel ellentétben az exobolygókat leggyakrabban központi csillaguk radiális sebességének ingadozásából, közvetett úton fedezik fel¹². Ez a módszer elsősorban a nagyobb tömegű, csillagukhoz közeli égitestek kimutatására alkalmas. Ha tehát volnának más csillagok közelében keringő barna törpék, azok az így nyert mintában határozott többletet mutatnának a bolygókhoz képest. Ezzel szemben a megfigyelések azt mutatják, hogy a csillagok spektroszkopikusan kimutatható kísérői között, a bolygókkal és csillagokkal ellentétben, a barna törpéknek megfelelő tömegtartományban¹³ alig néhány jelölt akad. A kísérőknek ez a csaknem üres tömegtartománya a „barna törpe sivatag”.

A hiány okát többféleképpen magyarázzák. B. REIPURTH (*Boulder*) és C. CLARKE (*Cambridge*) *versengő akkréciós modellje* szerint a barna törpék olyan protocsillagok, amelyeket társaik dinamikai kölcsönhatásai kivetettek az újszülött többszörös csillagrendszerekből, és amelyek emiatt végül nem tudnak csillag méretűvé hízni. Épp a kivetés magyarázná így hiányukat más csillagok körül, különösen a szoros többszörös rendszerekben.

P. ARMITAGE és I. BONNELL (*St. Andrews*) ezzel szemben azt a lehetőséget vetették fel, hogy a közeli barna törpe kísérők fékeződnek a főcsillag körül kezdetben meglevő por- és gázkorongban, eközben egyre közelebb kerülnek a központi csillaghoz, míg végül behullanak abba. A bolygókat ettől a sorstól az kímélné meg, hogy később jönnek létre, és a korong nem sokkal a keletkezésük után végképp elfogy. Ezt megelőzően azonban a korong maradékának hatása ahhoz még elég lehet, hogy egyes rendszerekben az óriásbolygók a központi csillag közelébe vándoroljanak, megmagyarázva ezzel a ma észlelt exobolygórendszerek leggyakoribb sajátosságait.

Aktivitásuk

A késői csillagok aktivitása többféle formában jelentkezik: állandó, a koronától eredő röntgensugárzást bocsátanak ki; kitéréseket (flereket) produkálnak; kromoszférikus aktivitást mutatnak, ami az emissziós vonalmagokból állapítható meg. A megfigyelések szerint a gyorsan forgó csillagok aktivitása erősebb, azonban a röntgensugárzás teljesítménye soha nem haladja meg a csillag teljes luminozitásának egy ezrelékét. Az aktivitás szintje így a fősorozat mentén lefelé haladva folytonosan csökken, s a legtöbb barna törpénél ki sem mutatható. Nagyobb aktivitást a barna törpéknél azért sem vártak, mert e hideg csillagok külső rétegei elektromosan semlegesek, s így a csillagbelsőben

12. Lásd SZATMÁRY KÁROLY: *Bolygók más csillagok körül* című cikkét e kötetben.

13. A Doppler-hatásból valójában csak a $M \cdot \sin i$ határozható meg, ahol i a kísérő pályájának hajlásszöge a látóirányhoz.

keletkező mágneses terek nemigen juthatnak ki a fotoszférába. Ezt az elképzelést zúzta össze a *Chandra* műhold által 1999 decemberében az *LP 944–20* jelű, $60 M_{\odot}$ tömegű barna törpén észlelt nagy röntgenfler. Ennek a barna törpének az állandó röntgensugárzása egyáltalán nem is mutatható ki. Az alig 5 pc távolságban levő égitesten látott fler energiája egy kisebb napkitöréssel vethető össze. A feltételezések szerint a felszín alatti flerben felszabaduló energia ionizálja a csillag külső rétegeit, megnövelve azok vezetőképességét, így a fler maga készíti elő kijutását a csillag légkörbe.

Petrovay Kristóf

Annual Review of Astronomy and Astrophysics, **38.**, 337. o. (2000);

Review of Modern Physics, megjelenés alatt (2002).

Magányos neutroncsillagok a közelben

Az elmúlt néhány évben a *ROSAT* röntgens csillagászati műhold hat különleges tulajdonságú lágyröntgenforrást fedezett fel. Legérdekesebb jellemzőjük, hogy a spektrumuk forró feketetest-szerű, a röntgentartományban kibocsátott luminozitásuk kicsi, de még így is három nagyságrenddel nagyobb az optikai luminozitásnál. Színképükben igen gyenge a csillagközi anyag hatása, ketősségnek nincs kimutatható jele, illetve nincs nagymértékű sugárzásváltozás hónapos – éves időskálán.

A fenti tulajdonságok alapján ezeket az objektumokat a közelben levő magányos neutroncsillagoknak szokták tekinteni. Három objektum röntgensugárzása 5–23 s közé eső periódussal ingadozik, ami megerősíti, hogy lassan forgó neutroncsillagok. 2001 elejéig egy csillagot sikerült optikailag is azonosítani (az *RX J1856.5–3754*-et $m_V = 25.6$ fényességnél), míg egy másikat kevésbé biztosan (*RX J0720.4–3125*, $m_B \approx 26$).

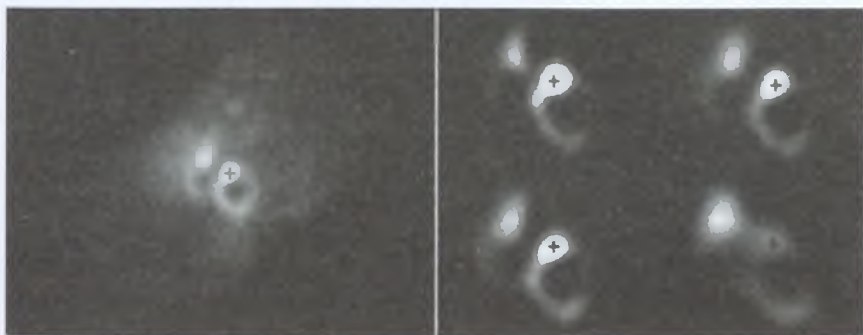
A *ROSAT* archív észleléseit átvizsgálva olasz kutatók újabb magányos neutroncsillag-jelöltet találtak. Az *IRXS J214303.7+065419/RBS 1774* röntgenforrást még 1991-ben észlelték, véletlenül egy másik objektum vizsgálata közben. 2001 májusában az ESO 3.5 m-es *NTT* műszerével nagy határfényességű felvételek készültek az objektum égi környezetéről. A röntgenforrást azonban nem sikerült 23^m -nál fényesebb forrással azonosítani, a röntgen/optikai luminozitás aránya tehát legalább 1000. Ez megfelel a korábbról ismert 6 közeli neutroncsillag-jelöltnél tapasztalt értéknek. Egyelőre még nem tudjuk, hogy változik-e a röntgensugárzás, azaz esetleg megbecsülhető-e a forgási periódusa.

Kiss László

Astronomy and Astrophysics, 2001. október.

Kettős gyűrű az η Carinae magjában

Az η Carinae a fényes kék változócsillagok egyik legtöbbet tanulmányozott, ám mind a mai napig rejtélyekkel övezett tagja. Látványos bipoláris köd övezi, ami az 1840–1860 között történt nagy kitörés során jött létre (ekkor a csillag évekig majdnem a *Sirius* fényességével ragyogott). Magát a központi csillagot optikai tartományban nem látjuk, ám infravörösben végzett spektroszkópai mérések alapján kiderült, hogy 5.52 éves keringési idejű kettőscsillag, excentrikus pályával.



1.19. ábra. Az η Carinae magja körül felfedezett kettős gyűrűs szerkezet

Egy nemzetközi kutatócsoport a bipoláris köd egyenlítői síkjában található csomócskákat vizsgálta meg közepes infravörös tartományban felvett nagy felbontású képek segítségével. Az ESO 3.6 m-es távcsövével és *TIMMI2* műszerével készített felvételeken meglepően szabályos gyűrűk látszanak (1.19. ábra). A gyűrűs szerkezet tengelyének iránya igen furcsán áll a bipoláris ködhez viszonyítva. Attól függően, hogy a két gyűrű közül melyik az előlso és melyik a hátsó, a kettős szerkezet 37 vagy 58°-kal tér el a köd főtengeleyének irányától. Ráadásul a központi csillag nincs is rajta az újonnan észlelt struktúra szimmetriatengelyén. A bonyolult belső felépítés így emlékeztet az *SN 1987A* gyűrűs szerkezetére, illetve bizonyos bipoláris planetáris ködökre. A jelenlegi elképzelések szerint az anyagledobással járó folyamatok hasonló szerkezeteket hoznak létre, függetlenül a ledobott tömeg mennyiségétől. A másik következtetés, hogy a nagy kitörés és a most felfedezett gyűrűs szerkezet kialakulása között megváltozott a tömegledobás iránya. Ezt például az okozhatja, hogy a ledobott anyagfelhőkkel való gravitációs kölcsönhatások következtében megváltozott a kettős rendszer inklinációja. A becslések szerint egy $5 \cdot 10^{-3} M_{\odot}$

tömegű, a kettős rendszerhez közel keringő anyagcsomó képes ekkora hatás-
ra, ami az η Carinae esetében reális feltevés.

Kiss László

Astronomy and Astrophysics, 2001. október.

Fémgazdag haló az Androméda-köd körül

Egy nemzetközi kutatócsoport a 2.5 m-es *Isaac Newton-teleszkóphoz* illesztett CCD-kamerával felvételeket készített az Androméda-ködről. A képeken korábban nem ismert, halvány fénylést fedeztek fel, ami leginkább egy csillagáramra hasonlít. A felvételekről először eltávolították a háttérgalaxisokat, amelyek száma $V < 24^m$ -ig négyzetfokenként 25 000-re becsülhető. Ezután kivonták a Tejútrendszer halójának szórt fényét is. A számítógépes eljárás minden bizonytalansága ellenére kikerülhetetlennek látszott az a következtetés, hogy az így feldolgozott képen még van valami többletfénylés, ami csak az Androméda-köd halójától eredhet. A fénylés a köd magjától délkeleti irányban a legerősebb, mintha ott egy csillagáram helyezkedne el.

A következő lépés a szín–fényesség-diagram készítése volt, de nem a halványságuk miatt egyenként azonosíthatatlan csillagokra, hanem a fénylés nagyobb területeire. Így a galaxis centrumától majdnem 60 kpc távolsáig feltérképezték az Androméda-köd halójának színét. Határozottan kirajzolódott egy fényesebb csillagáram, amelynek csillagaiban a fémtartalom a $(V - I) - I$ diagram szerint a Napnál mérhető érték és annak tizede közé esik.

Az észlelés értelmezése kapcsán vetődött fel, hogy az Androméda-köd körül ugyanolyan csillagáram lehet, amelyet a Tejútrendszer környékén a közelmúltban fedeztek fel. Ezeket a csillagáramokat a nagy tömegű anyaggalaxis (a Tejútrendszer, illetve az Androméda-köd) árapályereje hozza létre: nagyszámú csillagot szakítva ki a kísérő törpegalaxisokból lassan felbomlasztja azokat. A kiragadott csillagok eleinte elkülönülő csillagáramokat alkotnak, majd véglegesen elkeverednek az óriásgalaxis halójában. Az Androméda-köd mellett talált csillagáramot a galaxis körül keringő NGC 205 és az M32 törpegalaxis táplálja.

A folyamatot nagy teljesítményű számítógépekkel modellezni is lehet. A számítások azt mutatják, hogy a Lokális Csoport óriás spirálgalaxisai néhány százmillió éves időskálán valóban tömegesen elragadják a környezetükben lévő törpegalaxisok csillagait, s ez valószínűleg így történik más óriásgalaxisok esetében is. A törpegalaxisok idővel teljesen megszűnnek, az átmeneti csillagáramok széteszlása után csak egy-egy kisebb gömbhalmaz marad belőlük. Csupán e gömbhalmazok különleges pályája árulkodik arról, hogy ezek

valaha önálló galaxisok voltak. Később ezeket a gömbhalmazokat is szétszedi az anyaggalaxis árapályereje, de ez már legalább egy nagyságrenddel nagyobb időskálán zajlik, ezért közülük sok még most is látható.

Az itt ismertetett eredmény ráirányította a figyelmet arra a lehetőségre, hogy a nagy vörösetolódású, távoli galaxisok között azért olyan sok a törpe és irreguláris galaxis, mert sok milliárd évvel ezelőtt még nem alakultak ki óriás-galaxisok, amelyek magukba gyűjthették a számos kicsi, éppen csak kialakult törpét. Eszerint a galaxisok keletkezésének első fázisa a törpék kialakulása.

Barcza Szabolcs

Nature, **412.**, 25., 49. o. (2001).

Az Univerzum kora

Egyre több, egymástól független méréssel próbálják meghatározni az Univerzum korát. A legújabb korbecslés a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás mérésén alapul. A korai, sűrű Univerzumban a fotonok nem mozoghattak szabadon, mert az ionizált anyagcsomók korlátozták őket. A gravitáció igyekezett ezeket az anyagcsomókat összehúzni, az anyagba ragadt fotonok nyomása viszont a gravitációs erő ellen hatott. A kettő eredőjeként oszcillációk keletkeztek. Az anyagcsomók időről időre összehúzódtak, illetve kitágultak.

Mintegy 300 000 év után a táguló Univerzum eléggé lehűlt ahhoz, hogy átlátszóvá váljon a fotonok számára, és a fotonok kiszabadulhassanak. Ezek a fotonok azonban magukon viselik származási helyük nyomát, nevezetesen az éppen összenyomott anyagrészekből származók forróbbak, a kitágult részekből származók pedig hidegebbek. Ez ma is megfigyelhető a mikrohullámú háttérsugárzásban hideg és meleg foltok formájában.

Az oszcilláló anyagcsomók karakterisztikus mérete elméleti úton meghatározható. Minél öregebb az Univerzum, annál messzebről nézzük ezeket a foltokat, tehát annál kisebbeknek látszanak. Az új mérés lényege e foltok látszó méretének meghatározása, illetve annak alapján az Univerzum korának megállapítása. Az eredmény 14 milliárd év, a mérés becsült hibája pedig fél-milliárd év. Mindez azért jelentős, mert ez az egyéb módszerektől független eljárás alapul, és a 14 milliárd év jól egyezik az Univerzum korára más módszerekkel kapott értékekkel.

Patkós László

Astrophysical Journal, 2001. március.

Nem kozmológiai eredetű vöröseltolódások?

Az ezredfordulón számos összefoglaló cikk jelent meg a tudományos folyóiratok hasábjain az elmúlt évszázad eredményeiről és az új évszázadra hagyott megoldatlan tudományos problémákról. Az összefoglalókra és a fejlődési irányok kijelölésére, megsejtésére az indíttatás a 20. század elejéről származik. Például D. HILBERT 1900. augusztus 8-án Párizsban tartott egy előadást arról a 23 matematikai kulcsproblémáról, amelyeket a 19. században ismertek fel, de megoldásuk a 20. századra marad. Közülük ma csak három megoldatlan.

V. GINZBURG a mostani századfordulón, 1999-ben, egy orosz folyóiratban 30 fizikai problémát sorolt fel, amelyeket a legfontosabbnak tartott. Ezek közül kilenc asztrofizikai természetű:

1. Gravitációs hullámok és detektálásuk.
2. A kozmológia kérdései: infláció, kozmológiai állandó („a Λ -tag”) az Einstein-egyenletekben, a kozmológia és a részecskefizika kapcsolata.
3. Szupernóvák, neutroncsillagok, pulzárak.
4. Fekete lyukak, a kozmikus húrok létezése.
5. Kvazárok és galaxismagok, a galaxisok kialakulása.
6. A Világegyetem rejtett tömege, a megfigyelés lehetőségei.
7. A rendkívül nagy energiájú kozmikus sugárzás eredete.
8. Gammakitörések, hipernóvák.
9. Neutrínófizika és -csillagászat, neutrínóoszillációk.

G. BURBIDGE, a kaliforniai egyetem nyugalmazott professzora, a tudományos világ tekintélyes tagja, az összes rangos csillagászati kitüntetés tulajdonosa is elmondta véleményét erről listáról. Az ő véleménye azért is figyelemre méltó, mert fiatal korában számos elméleti fizikai kérdéssel foglalkozott, nagy elismerést szerezve azon a területen, és ezzel alapozta meg későbbi sikeres asztrofizikusi pályáját. Szerinte a lista helyes és teljes. Fontosnak tartotta azonban megjegyezni, hogy az extragalaktikus tartományokhoz és az aktív galaxismagokhoz kapcsolódó problémák (2., 5. és 6.) két általánosan elfogadott feltevésen alapulnak, amelyek helyességéről kritikusabb elmék, például F. HOYLE, J. V. NARLIKAR, illetve ő maga sincsenek meggyőződve, jóllehet a tudományos közvéleményben nézeteik nemigen vannak jelen. A két alapfeltevés:

- I. A kozmológiai ismeretek alapján magától értetődő a forró ősrobbanás modelljének helyessége.
- II. Az extragalaktikus objektumok színképvonalainak vöröseltolódása a Világegyetem tágulásából ered, tehát kizárólag kozmológiai eredetű (eltekintve a sebesség csekély helyi szórásától).

Burbidge szerint alapvető hiba ezeket általánosan elfogadni, és ezekre építeni a világmodelleket. Amennyire a 21. század elején megítélhető, a csillagászati kutatás egyelőre nem siet visszatérni a realitásokhoz — állítja az asztrofizika nagy öregje. Véleménye szerint a realitások igaz vagy hamis voltáról ma nehéz elfogulatlan véleményt mondani, mert nagyon egyenlőtlen a táborok létszáma. Kutatási támogatást, ösztöndíjat pedig ma nemigen lehet kapni olyan témára, amely ellenkezik az I–II. feltevésekkel.

A vöröseltolódás kérdéséről a következőket foglalta össze: A 20. századnak talán a legfontosabb csillagászati felfedezése a *Hubble-törvény* volt. Ennek nyomán, az egyre halványabb galaxisok világának megismerésével kirajzolódott, hogy a vöröseltolódás—látszó fényesség ($z-m$) diagram sima, és $z \approx 0.5$ körül várható kozmológiai eredetű eltérés a linearitástól. Mindez komoly érv amellet, hogy a galaxisok vöröseltolódása kozmológiai eredetű, vagyis nincs anomális vöröseltolódás. A galaxisok z szerinti eloszlása azonban nem egyenletes: bizonyos vöröseltolódás-értékek körül több, másutt kevesebb galaxis van, mint az egyenletes eloszlás alapján várható lenne. Ezt a kismértékű kvantáltságot egyáltalán nem értjük. Ezért a kozmológusok teljesen figyelmen kívül hagyják mint jelentéktelen, másodrendű jelenséget, és nem is próbálják beépíteni modelljeikbe.

Ebbe a többé-kevésbé kialakult helyzetbe robbant be a hatvanas években a mehökkentően nagy vöröseltolódású új objektumok, a kvazárok felfedezése. A kvazárok $z-m$ diagramját megszerkesztve nem rajzolódik ki linearitás, a látszó fényességek véletlenszerű szórását lehet megállapítani, ami tehát semmit nem sugall a vöröseltolódás eredetéről. Ha azonban a z teljesen kozmológiai eredetű, és semmi egyéb, különleges összetevője nincs, akkor a kvazárok abszolút fényességében akkora szórásnak kell lennie, amely sokszorosa a galaxisok világában tapasztalt értéknek. Mindennek ellenére mégis az a nézet vált uralkodóvá, hogy a kvazárok vöröseltolódása kozmológiai eredetű, és egyértelműen jelzi a távolságukat.

Időközben olyan új megfigyelési eredmények is születtek, amelyekkel nem lehet mit kezdeni, ha a kvazárok z -je kizárólag kozmológiai eredetű. Ezek a — részben statisztikus természetű — megállapítások azt sugallják, hogy a kvazárok egy részének eloszlása az égen nem független az aktív galaxisok, illetve az óriásgalaxisok eloszlásától, mintha valami kapcsolat volna közöttük. Ugyanakkor a vöröseltolódásuk jelentősen eltér: a kvazárok saját z -je sokkal nagyobb, mint azé a galaxisé, amelyikhez a látószögbeli közelségük okán tartozhatnak. Úgy látszik, mintha a kozmológiai z -hez hozzáadódna még egy anomális, saját összetevő is.

A kvazárok „saját” vöröseltolódásának és a z -ben mutatkozó kismértékű periódicitásnak az oka egyelőre ismeretlen. Az elméleti magyarázatként felvetett hipotézisek a gravitáció elméletének, illetve az általános relativitáselméletnek

a módosításai. Ezek kifejtése meghaladja e cikk kereteit, annyit érdemes róluk megemlíteni, hogy matematikai formába öntve nem sok kutató érti azokat újszerűségük és bonyolultságuk miatt. Elterjedésüknek, megtárgyalásuknak, az igen bonyolult matematikai apparátusukban rejlő esetleges hibák, értékek feltárásának komoly akadályát képezi a tudományos kutatás jelenlegi támogatási rendszere — mondja Burbidge —, mert a teljesítménykényszer szab meg ma mindent. Ez tömegtermelést szül, mérhető oldalszámokkal és hivatkozásokkal a tudományos folyóiratok egyre vastagodó köteteiben. Ebben a rendszerben kevés esélye van támogatásra az olyan munkának, amelynek eredménye alapjaiban rázhat meg egy mindenki által csodált grandiózus felépítményt, és sehogy sem sorolható be a tömegtermelés áramlataiba.

A Burbidge által felsorolt problémákra a jelentős számbeli fölényben lévő ellentábornak természetesen vannak magyarázatai, ezek azonban vitathatók. Ezért a legkülönösebb elméletet is számon kell tartani mindaddig, amíg helytelenségét egyértelműen be nem bizonyítják, vagy amíg a felvetett alapkérdésekre nincs meg a kétségbevonhatatlan válasz.

Ezt támasztja alá néhány emlékezetes eset a 20. századból. A. WEGENER 1910-ben vetette fel a kontinensek vándorlásának elméletét, amit csak 40 év múlva fogadtak el a geofizikusok. H. N. RUSSELL és A. EDDINGTON 1925-ben hevesen ellenezték C. PAYNE érvelését arról, hogy a hidrogén a leggyakoribb elem a világban, és éveken át mindenki nekik hitt. Eddington nem tudta elfogadni S. CHANDRASEKHAR — később Nobel-díjjal is elismert — eredményeit a degenerált égitestek tömegének felső korlátjáról.

A 20. század felvetette az anomális vöröseltolódások problémáját, a megnyugtató megoldás azonban a 21. századra vár.

Barcza Szabolcs

Nature, **405.**, 383. o. (2000);

PASP **113.**, 899. o. (2001);

Uszpekhi Fiziceszkih Nauk **169.**, 419. o. (1999).

A fizikai törvények egyetemlegessége

Fizikai világképünk egyik alapja, hogy a természeti törvények mindenütt azonosak és egyformán érvényesek, tőlünk térben és időben távol is. Ezzel szoros összefüggésben bizonyos természeti állandók (a finomszerkezeti állandó, a gravitációs állandó, a fény terjedési sebessége stb.) szintén változatlanok térben és időben. Elég például az antropikus elvre gondolni, és azonnal világossá válik, hogy ezek esetleges megkérdőjelezése súlyos következményekkel járhatna.

Márpedig úgy tűnik, hogy az egyik alapvető konstansnak — az α finomszerkezeti állandónak — a távoli múltban más volt az értéke. Ez az állandó határozza meg az elektromágneses kölcsönhatás erősségét, vagyis azt, hogy miképpen hatnak kölcsön a különféle elektromosan töltött részecskék (például az elektronok vagy a müonok) és az elektromágneses hullámok (a fény). A mért változás nem nagy, mindössze százezred rész, de ha bebizonyosodik, hogy nem mérési hibáról van szó (még nem bizonyosodott be), akkor alapjaiban kell egész világgépünket átgondolni.

A mérés elve már az 1960-as években is ismert volt, de a technika fejlődése csak most tette lehetővé. A tőlünk időben és térben távoli kvazárok színképében igen pontosan megméri bizonyos abszorpciós vonalak hullámhosszkülönbségét, és — a vöröseltolódás miatti korrekció után — összehasonlítták a földi laboratóriumban mérhető adatokkal. Az eredmény az, hogy a finomszerkezeti állandó értéke 8–12 milliárd évvel ezelőtt kisebb volt, mint ma, az eltérés azonban csupán a hetedik értékes számjegyben mutatkozik.

Patkós László

Physical Review Letters, 2001. augusztus.

A VLT technikai újdonságai

Interferométer

Az elmúlt években már több sikeres kísérletet végeztek optikai interferométerekkel. Most azonban megszülettek az első igazi eredmények: 2001. október 29-én létrehozták az első interferometrikus képet a világ egyik legnagyobb optikai távcsövével, a *ESO VLT* teleszkóppal. Egyelőre csak a négy óriástávcsövet tartalmazó berendezés két tagja, az egymástól 102 m-re levő *Antu* és *Melipal* képét interferáltatták.

A megfigyelt égitest fénye a teleszkópok Coudé-fókuszán keresztül egy kiselvető alagútrendszerbe kerül, amelynek a végén összeáll az interferenciakép. A két távcsőben keletkező kép fáziseltérésben van. Ennek mértéke a megfigyelt égi objektum pozíciójától függ, és természetesen pillanatról pillanatra változik. Ezt az eltérést kell folyamatosan kiegyenlíteni. A kiegyenlítést az alagútban elhelyezett, 25 tagú, mozgó tükrörendszer végzi, melynek elemeit ezred milliméteres pontossággal vezérlik. Az egyesített kép hosszú távú stabilitása 0''2 óránként.

Az első céltárgy az α *Eridani* (Achernar) volt. Ennek a Napnál mintegy ezerszer fényesebb csillagnak a távolsága 144 fényév. A mért szögátmérő: $0''.00192 \pm 0''.00005$ ívmásodperc. Ebből kiszámítható, hogy az Achernar tízszer akkora, mint a Nap, átmérője eléri a 13 millió kilométert.

Az első napi mérés céltárgya volt még egy közeli vörös törpe, egy óriás-csillag, három porkoronggal körülvelt csillag (az ϵ Eridani, a Fomalhaut és a β Pictoris), továbbá két cefeida.

Az interferométer teljes kiépítésekor mind a négy óriásteleszkóp, sőt további, kisebb méretű és messzebb levő teleszkópok (sziderosztátok) fényét is egyesítik. Tovább javítja a helyzetet az adaptív optika bevezetése, amivel a várható felbontás el fogja érni a $2.2\ \mu\text{m}$ -es K hullámhossztartományban a $0''.057$ -et, az $1.2\ \mu\text{m}$ -es I tartományban pedig a $0''.032$ -et.

Adaptív optika

2001. november 25-én végrehajtották az első adaptív optikai mérést ESO VLT teleszkóppal. A NAOS—CONICA (NAOS: Nasmyth Adaptive Optical System, CONICA: infravörös kamera) nevű berendezést a 8.2 m-es Yepun teleszkópra szerelték. Az első céltárgy egy 8^{m} -s csillag volt. Az 550 s expozíciós idejű felvételen a csillagkorong jellemző mérete (félértékszélessége) az eredeti $0''.50$ -ról az adaptív optika bekapcsolása után $0''.068$ -re csökkent! Az új eszköz teljesítőképességét szemlélteti az 1.20. ábra, a 78. oldalon látható felvétel, valamint a színes melléklet 19–20. képe.

Patkós László

ESO Messenger, 106. (2001), 107. (2002);
ESO Press Release, (2001).



1.20. ábra. Ugyanarról az égiterről készült két felvétel. A bal oldali kép a HST WFPC2 kamerájával készült, 400 s expozícióval I-szűrőn át; jobb oldali a VLT NAOS CONICA nevű adaptív optikájával, 300 s expozícióval, K-szűrőn át

Első eredmények az SDSS-programból

A Sloan Digitális Égboltfelmérés¹⁴ (SDSS) e sorok írásakor még folyik, de az eddigi adatokból is rengeteg fontos eredmény született. Minden részletre kiterjedő áttekintést adni lehetetlen, hiszen csupán a kapcsolódó tudományos közleményeket összegyűjtő honlapról 72 olyan cikk érhető el, amelyek 1999 és 2002 májusa között jelentek meg. Ezek mind olyan tudományos eredményeket közölnek, amelyek a program végrehajtása során, az új-mexikói 2.5 m-es távcsővel végzett mérések alapján születtek. Kötetünk hírei között – (SDSS) jelzéssel a címében – több olyan eredmény is szerepel, melyek a galaxisok nagyléptékű eloszlásának tanulmányozása mellett „melléktermékeként” születtek meg.

Kiss László

www.sdss.org/publications.

14. Az Univerzum digitális térképe. *Csillagászati évkönyv 2002*, 199. o.

Szatmáry Károly

Bolygók más csillagok körül

Egy évtized sem telt el az első, Napunkhoz hasonló csillag (*51 Pegasi*) körül keringő bolygó felfedezése óta. Az ismert exobolygók, más néven extraszoláris bolygók száma rohamosan növekszik, 2002 nyarán már 100 felett volt. A Csillagászati évkönyvben rendszeresen beszámoltunk az eredményekről, részletesen először 1997-ben [1., 3.]. Az ott leírtakra támaszkodva, e cikkben folytatjuk a legfontosabb fejlemények bemutatását.

Számos dolog jelzi, hogy ez a szakterület az asztrofizikai kutatások élvonalába tartozik, és nagyon gyorsan fejlődik. Az exobolygók vizsgálata 2002-ben több mint 20 nemzetközi konferencia részbeni vagy kizárólagos témája volt. Százával jelennek meg publikációk, melyekben nemcsak a bolygók keresésének módszereiről, eredményeiről, hanem az idegen bolygók keringésének, pályastabilitásának, esetleges holdjainak égi mechanikai elemzéséről, a feltételezett légkörük összetételéről, az ottani időjárásról, sőt az élet kialakulásának lehetőségeiről is olvashatunk.

Egy csillag bolygóit a csillag neve/katalógusszáma után álló *b*, *c*, *d* stb. kisbetűkkel jelölik, a keringési pálya növekvő méretsorrendjében. Ha a csillag kettős vagy többes, maguk a csillagok gyakran az *A*, *B*, *C* stb. megjelölést kapják. Tehát a *16 Cyg B b* a 16 Cyg kettőscsillag *B* komponensének a csillaghoz legközelebbi bolygója. A jelölésrendszer körül még vitáznak, sok a javaslat, a végleges jelölés ettől eltérő is lehet.

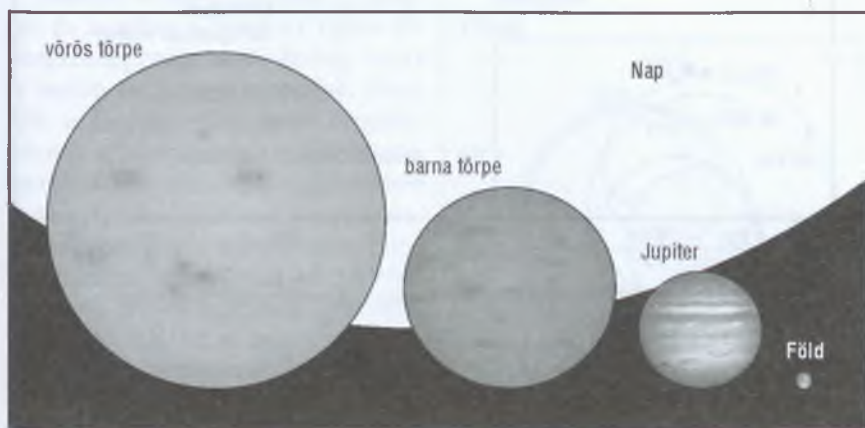
A Napunkhoz hasonló csillagok körül a kézirat lezártáig (2002. október) spektroszkópiai módszerrel felfedezett 104 bolygó fontosabb adatait az évkönyv táblázatos részében közöljük. A mérési adatok szaporodásával az itt szereplő pályaelemek számértéke a jövőben kissé változhat, pontossága növekedhet.¹

A sok új eredmény követéséhez a legfontosabb információforrás az Internet. Több ezer az e témával foglalkozó honlapok száma. A legfontosabbakat az irodalomjegyzék után soroljuk fel.

1. A táblázat a Szegedi Csillagvizsgáló honlapjáról is letölthető. Ebből Excel program segítségével könnyen készíthetők az exobolygók adatai közötti összefüggéseket ábrázoló grafikonok.

Barna törpék és óriásbolygók

Elég nehéz éles vonalat húzni a törpecsillagok és a nagy bolygók között. Az égitestek belsejére vonatkozó modellek szerint a magjukban hidrogénfúzióval energiát termelő csillagok alsó tömeghatára (vörös törpék) $0.075 - 0.080 M_{\odot}$ (naptömeg) azaz $75 - 80 M_{\text{J}}$ (Jupitertömeg). E tömeghatár alatt találjuk a barna (infravörös) törpéket, amelyekben még folyhat deutériumfúzió [2.], de $13 M_{\text{J}}$ -nél kisebb égitestekben már ez sem lehetséges (2.1. és 2.2. ábra). Így óriásbolygóknak csak a $13 M_{\text{J}}$ -nél kisebb égitesteket tekintik. Ezeknek az átmérője nem nagyobb, mint 0.2 napátmérő, vagyis a Jupiter kétszerese.



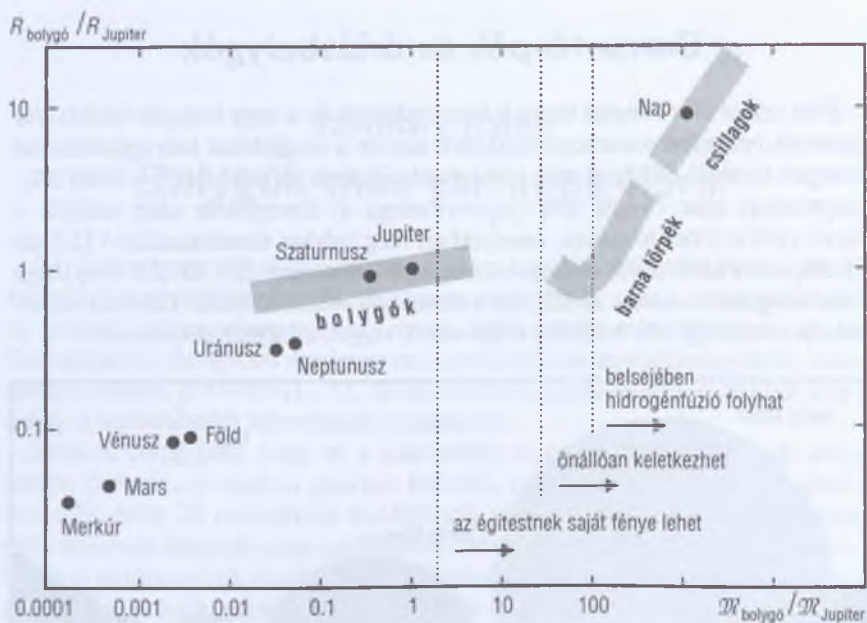
2.1. ábra. Méretarányok a Naptól a Földig

Barna törpét már nagyon sokat találtak². Lehetséges, hogy a ma bolygóként nyilvántartott égitesteknek egy része is valójában barna törpe, ugyanis tömegüknek csak az alsó határértékét tudjuk meghatározni, ha nem ismerjük keringési pályájuk térbeli helyzetét.

Az exobolygók felfedezésének módszerei

Nagyon nehéz egy távoli csillag körül egy nála sokkal kisebb és halványabb égitest jelenlétét kimutatni. A csillagászoknak igencsak törni kell a fejüket, hogy milyen lehetőségeket kínál erre a jelenlegi megfigyelési technika. Az a

2. A barna törpék című hír ebben a kötetben.



2.2. ábra. Bolygók, barna törpék és csillagok tömeg – sugár-diagramja

tény, hogy már több mint száz bolygót sikerült találni, nagyrészt annak köszönhető, hogy az utóbbi években számos speciális eljárást fejlesztettek ki erre a célra. A módszereket többféle módon csoportosíthatjuk. A bolygó észlelése történhet *közvetlen* megfigyeléssel vagy a bolygó jelenlétére utaló *közvetett* méréssel. Egy másik osztályozás szerint a bolygó kimutatható *gravitációs* hatása vagy a központi csillagról érkező fény fizikai jellemzőit megváltoztató (*fotoni-kai*) hatása alapján [4.].

Közvetlen módszerek

Észlelés a csillag mellett: pl. űrtávcsöves felvételekkel, főleg infravörösben.

Infravörös többletsugárzás: a bolygó hőmérsékleti sugárzása hozzáadódik a csillagéhoz.

Közvetett módszerek

Spektroszkópia – radiális sebesség: a keringő bolygó gravitációs hatására a csillag színeképvonalai Doppler-eltolódást mutatnak.

Asztrometria: a keringő bolygó gravitációs hatására a csillag sajátmozgása hullámszerű az éggömbön.

Fotometria – átvonulás: a csillag fényessége lecsökken, ha a bolygója áthalad előtte és részben elfedi.

Pulzárjelek modulációja: a keringő bolygó gravitációs hatására a pulzárjelek frekvenciája periodikusan változik.

Gravitációs lencse-hatás: a csillag és bolygója kettős lencseként viselkedik.

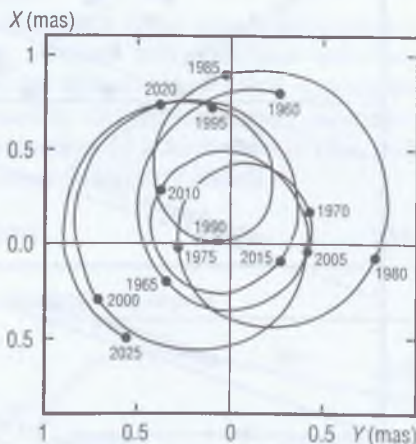
Gravitációs perturbáló hatás: a bolygó gravitációs hatása kimutatható a csillag körüli anyagkorongban.

Spektroszkópia – Doppler-leképezés: a csillag színképvonalainak alakja megváltozik, ha a bolygó elfedi felszínének egy részét.

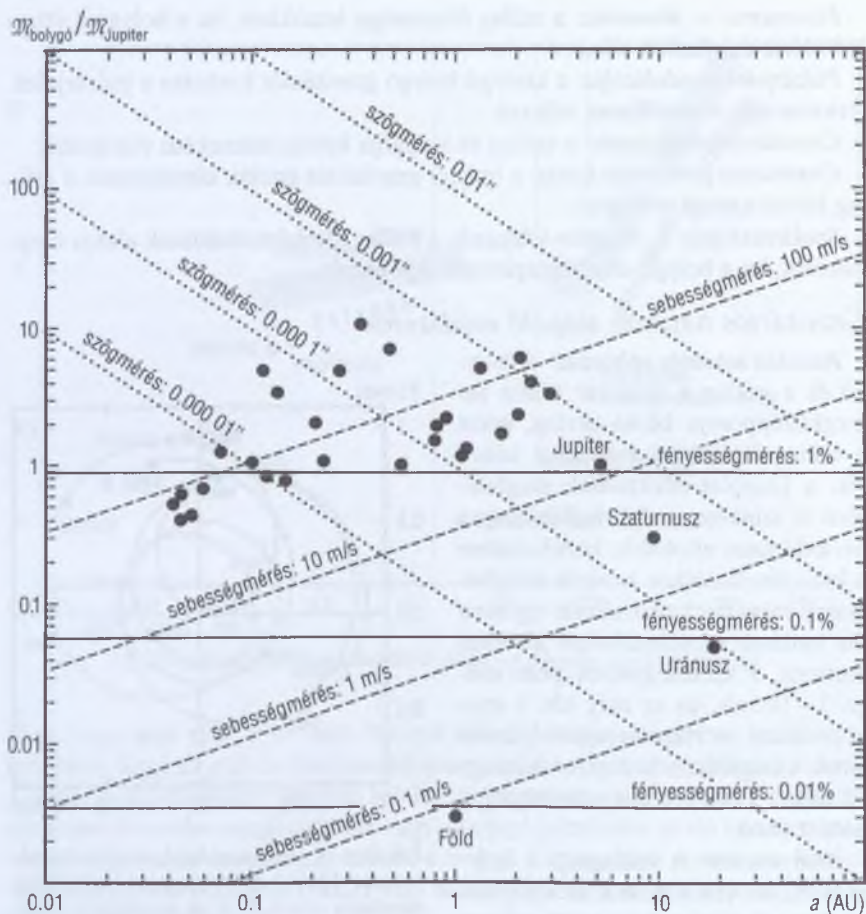
Gravitációs hatáson alapuló módszerek

Radiális sebesség változása: A bolygó és a csillag a rendszer közös tömegközéppontja körül kering, ezért a csillag látóirányú sebessége változik, a Doppler-effektusnak megfelelően a színképvonalak hullámhossza periodikusan eltolódik, közeledéskor a kék, távolodáskor a vörös irányba. A mai méréstechnikával már egészen kis hullámhosszváltozásokat ki lehet mutatni: a sebességmérés pontossága 3–10 m/s, és ez még kb. 1 m/s-ig javítható. A Nap tömegközéppontjának mozgásában a Jupiter mintegy 12 m/s, a Föld 0.1 m/s sebességingadozást okoz.

Asztrometria: A csillagnak a bolygója miatti elmozdulása az égbolton esetleg mérhető a háttércsillagokhoz képest. Ha a Napunkat a bolygók pályasíkjára merőleges irányból, 10 pc távolságból néznénk, a Jupiter mintegy 100 μ s (milliomod ívmásodperc), a Föld viszont csak 0.3 μ s elmozdulást okozna (2.3. ábra). A *Hipparcos* műhold mérési pontossága kb. 500 μ s volt, ezért nem tudott Jupiter-szerű bolygókat felfedezni. A jövő asztrometriai űrmisszióinak segítségével (*FAME* (Full-sky Astrometric Mapping Explorer), 2004. [50 μ s], *GAI*A (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics), 2010. [2–10 μ s], *SIM* (Space Interferometry Mission), 2009. [1 μ s]) már sokkal nagyobb az esély akár Föld típusú bolygók kimutatására is (2.4. ábra).



2.3. ábra. A Nap mozgása bolygóinak hatására 1960 és 2025 között, az ekliptikára merőleges irányból, 10 pc távolságról nézve. Az ábrát érdemes összevetni az óriásbolygók Nap körüli elhelyezkedését bemutató rajzzal (táblázatos rész 85. oldal)



2.4. ábra. Az egyes bolygókeresési módszerek hatékonysága a bolygó tömegének és pályaméretének függvényében. A pontok néhány naprendszerbeli és exobolygót jelölnek. Pontozott vonalak: asztrometria, adott szögmérési pontosság és 10 pc távolság esetén; szaggatott vonalak: spektroszkópia, adott sebességmérési pontosság esetén; folyamatos vonalak: fotometriai átvonulás a csillagkorongnak a bolygó által fedett területe függvényében. A vonal mellett megadott paraméterekkel a vonal feletti mérettartományban lehet bolygókat felfedezni

Átvonulás: Ha egy csillag bolygójának pályasíkja látóirányunkhoz közeli, ke-ringése során részleges „csillagfogyatkozás” figyelhető meg, amikor a csillag fénye kissé elhalványodik.

Pulzárjelek modulációja: A pulzárak óramű pontossággal egyenlő időközönként ($0.01 - 1$ s közötti periódussal) rádióimpulzusokat sugároznak ki. Ha a pulzár hozzánk képest mozog, kering a bolygóval közös tömegközéppont körül, az impulzusok közötti időtartam periodikusan változik. Voltaképpen ez is Doppler-hatás, hiszen az impulzusok forrása felváltva közeledik, majd távolodik. Pulzárak jeleinek ilyen típusú modulációjából eddig két esetben következtettek aránylag kicsi, a Földnél néhányszor nagyobb tömegű bolygó léteére. A *PSR 1257+12* esetében 3 (esetleg 4) bolygó; a *PSR B1620-26* esetében 1 bolygó valószínűsíthető.

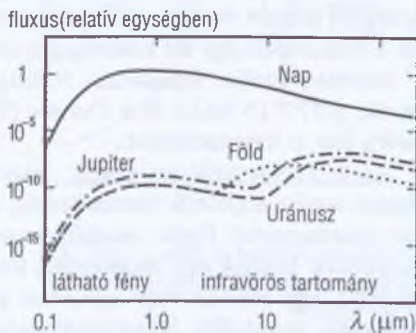
Gravitációs lencse-hatás: Ha egy bolygó térbeli mozgása során a Földről nézve egy távoli csillag elé kerül, akkor tömegétől függően eltéríti, lencseként felerősíti ennek a háttércsillagnak a fényét.

Anyagkorong deformációja: Néhány csillag körül olyan por- és gázkorongot sikerült kimutatni (főleg infravörösben), amelyből bolygórendszer születhet. Ha a korongban már kialakult egy nagyobb égitest, akkor annak gravitációs perturbáló hatása miatt a korong egyenetlen sűrűségeloszlásúvá, aszimmetrikussá válhat. Amennyiben a bolygó pályasíkja és a korong síkja nem esik egybe, a korong eltorzul, a bolygó közelében a fősíkjától eltérül.

Fotonikai hatáson alapuló módszerek

A látható és az infravörös fénycentrum eltérése: Ha egy csillag és bolygója fényét egybeolvadtan látjuk, a fényfolt legnagyobb intenzitású helye máshová esik a látható és az infravörös tartományban. A csillagnak ugyanis sokkal magasabb a felszíni hőmérséklete, intenzitásmaximuma a látható fénybe esik, míg a hidegebb bolygó legerősebben az infravörösben sugároz (2.5. ábra). Persze ennek kimutatásához rendkívül jó felbontás kell, talán a *Keck-teleszkóp*, illetve a *VLT interferométer*³ hozhat megfelelő eredményeket.

Visszavert fény: Egy csillag fénye a közelében keringő óriásbolygóról visszaverődhet, amit esetleg akkor is ki lehet mutatni, ha a két égitestet térben nem látjuk különállónak.



2.5. ábra. A Nap és néhány bolygó sugárzásának energiaeloszlása

3. Lásd *A VLT technikai újdonságai* című hírt eben a kötetben.

Légkörön áthaladó fény: Ha egy bolygó elhalad a csillaga előtt, akkor a bolygó légkör anyagának elnyelési színeképvonalai ráakadnak a csillag színeképre. Mivel a két spektrum eltérő jellegű, ebből a bolygó léteire lehet következtetni.

Sarki fény: A sarki fény jelenségét a Naprendszerben a Földön, a Jupiteren és a Szaturnuszon figyelték meg. A sarki fény nem hőmérsékleti sugárzás, jellegzetes színeképet mutató fényét a bolygó légkörének molekulái bocsátják ki. A molekulákat a központi csillagból kilövellt és a bolygó mágneses tere által a pólusok felé eltérített töltött részecskék gerjesztik fénylésre. Az exobolygóknál azonban ezt a fényt kis intenzitása miatt szinte reménytelen megfigyelni.

Rádiósugárzás: A Jupiter és Io nevű holdja között az erős mágneses kölcsönhatás rádióhullámokat kelt. Hasonló jelenség exobolygóknál is elképzelhető, de a kis sugárzási intenzitás korlátokat szab e módszer alkalmazhatóságának.

Antropogén (civilizációs) hatások: Elméletileg kimutatták, hogy a Földről a Napra lött, nagyon erős lézerimpulzus csillagunk rövid ideig tartó, enyhe kifényesedését okozhatja, ami más csillagokról is megfigyelhető lenne. Az emberiesség küldött már irányított, kódolt rádióüzeneteket néhány csillaghalmaz felé. A rádió- és TV-műsorok által okozott „elektromágneses zaj” is kiszóródik a világűrbe. Ilyen hatások más civilizációk esetében is előfordulhatnak, így talán egyszer ezek alapján is fedezhetünk fel bolygót.

Képkalkítás koronográffal: Egy csillagától aránylag távol elhelyezkedő óriásbolygó a látható fény tartományában működő űrtávcsövek képein észrevehető, ha a műszerben egy kis koronggal a csillag fényét sikerül kitakarni.

Interferometrikus képkalkítás: A világűrbe telepített infravörös interferométerek, a *TPF* (NASA) és a *Darwin* (ESA) a tervek szerint akár Föld típusú bolygókat is kimutathatnak.

Az űrtávcsövektől azt várják, hogy az exobolygók spektrumát is rögzítve hamarosan a légkörük összetételére, az ottani időjárási viszonyokra is sikerül következtetni. Egész modellsorozatot készítettek arra vonatkozóan, hogy milyennek látnánk egy eljegesedett Föld, egy felforrósodott Föld, egy jelenlegi Föld, egy Vénusz vagy egy Mars jellegű bolygó légkörének színeképet. A különféle molekulák fényelnyelésének, abszorpciós sávjainak felismerése az exobolygó-atmoszféra alkotórészeinek meghatározását is lehetővé tenné. Az esetleges élet feltételezéséhez indokot adhat, ha egy Föld típusú exobolygó légkörében sok oxigént találunk, ugyanis a Földön az oxigénben gazdag légkör kialakulása a fotoszintetizáló növények megjelenésének következménye volt.

Bolygórendszerek keresésére az eddigi legsikeresebben alkalmazott módszer a csillagok színeképvonalainak vizsgálata, a radiális sebesség változásának mérése [6.]. Ilyen spektroszkópiai módszerrel száz fényéven belül gyakorlatilag a Naphoz hasonló összes — mintegy 1200 — csillagot folyamatosan figyelik.

A bolygórendszerrel körülvelt csillagok gyakorisága a jelenlegi becslések szerint 3–7% lehet.

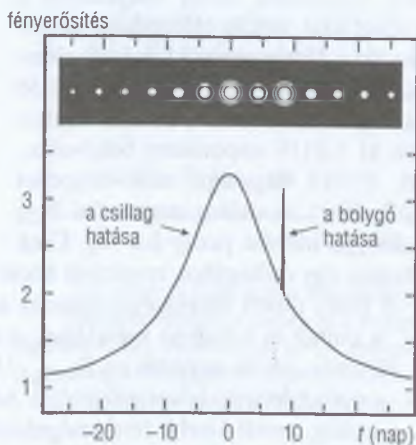
Újabban a Doppler-módszer mellett egyre fontosabb és sikeresebb az átvonulások figyelésén, illetve a gravitációs-lencse-hatáson alapuló keresési módszer.

Fotometriai módszerek

A gravitációs mikrolencsét kereső programok [2.] a csillagokban gazdag régi területekről CCD-kamerával képeket készítenek, és azokat automatizált módon, számítógéppel feldolgozzák. Minden csillag fényességét megméri, és keresik az időben változó fényességűeket. Ezek a keresőprogramok kettős szerepet játszanak az exobolygók felfedezésében.

Az egyik a *bolygók által okozott mikrolencse-jelenségek* kutatása. Egy csillag fényessége látszólag megnövekedhet, ha látóirányához nagyon közel egy másik égitest halad el előtte. Az utóbbi, úgynevezett lencseobjektum – mivel tömege megváltoztatja a tér szerkezetét – kissé elgörbíti a háttércsillagról érkező fénysugarakat, így arról több fény érkezik hozzánk. Amennyiben a lencseobjektum olyan csillag, amely körül bolygó kering, akkor a csillag által okozott felfényesedés előtt vagy után a bolygó ugyanezen hatását is megfigyelhetjük, csak az a kisebb tömeg miatt rövidebb ideig tart (2.6. ábra). A gravitációs mikrolencse hatáson alapuló módszerrel elvileg akár Föld típusú bolygók is felfedezhetők! Eddig azonban csupán néhány esetben gyanítják, hogy megfigyelt többszörös fényváltozásban bolygó is szerepet játszott.

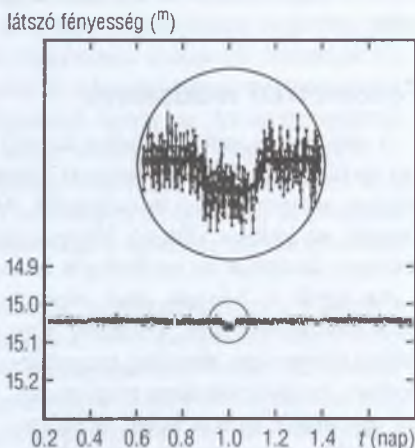
E megfigyelési programok másik fontos eredménye, hogy a rengeteg csillag fényességváltozásának mérésekor olyanokra bukkanhatnak, amelyeknek egy időre lecsökken a sugárzása. Ezt a jelenséget – a fedési kettőscsillagokhoz hasonlóan – az is okozhatja, hogy a csillag előtt átvonul egy másik égitest és részben eltakarja. Az *átvonulás* idején fellépő jellegzetes elhalványodásból a csillag feltételezett sugarának felhasználásával kiszámolható a bolygó mérete. Sőt a fedési görbe alakjából még a csillag szélsőtétedésére és a bolygópálya



2.6. ábra. Csillag és bolygója gravitációs mikrolencsekénti felfényesít egy távoli háttércsillagot

síkjának a látóirányunkkal bezárt szögére is következtethetünk. Akkor mondhatjuk, hogy a fénycsökkenést bolygó okozza, ha a jelenség egyforma időközönként többször megismétlődik, és így az átvonulások között eltelt idő megadja a bolygó keringési periódusát.

Az *OGLE-III* programban eddig már 59 olyan csillagot találtak, amelyek elhalványodását azzal magyarázták, hogy tőlünk nézve egy óriásbolygó vagy egy barna törpe haladt el előttük. Öröndetes magyar vonatkozása a vizsgálatoknak, hogy a Kovács Géza és munkatársai [7.] által kifejlesztett számítógépprogramot használják, amely kifejezetten a kismértékű, ritkán előforduló, de periodikus fényességcsökkenések elemzésére készült. Az *OGLE-TR-56* csillagnál több mint 300-szor mutattak ki 1.2119 naponként bekövetkező, $0^m.014$ nagyságú elhalványodást (2.7. ábra). A csillag sugara $0.8 R_{\odot}$, a bolygó mérete pedig $0.8 R_J$. Ezek alapján egy csillagához rendkívül közel keringő „forró Szaturnuszt” találtak.



2.7. ábra. Az *OGLE-TR-56* csillag fényének fedési elhalványodása

A fedés miatti fényességcsökkenés mértéke függ:

- a csillag és a bolygó méretének arányától: annál jelentősebb a fényességváltozás, minél nagyobb az $R_{\text{bolygó}}/R_{\text{csillag}}$ hányados;
- a csillag felszíni hőmérsékletétől: adott méretarány mellett minél hidegebb a csillag, annál kisebb fényességváltozás.

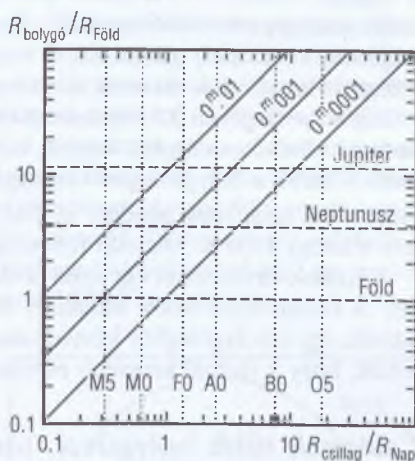
A változás általában csak néhány század vagy ezred magnitúdó, Föld típusú bolygók esetében pedig még kisebb, így az átvonulás-módszerrel kevés a remény arra, hogy Földünkhöz hasonló kísérőt találjunk (2.8. ábra). A fedés megfigyelhetőségének valószínűsége a csillag átmérőjének és a bolygópálya méretének a hányadosával arányos.

A mikrolencsét kereső programok mellett világszerte számos kisebb vagy közepes méretű távcsővel indítottak megfigyelési kampányokat az exobolygók fedéseinek kimutatására (pl. *EXPLORE*, *TEP*, *VULCAN*). Az *ELTE Csillagászati Tanszéke* és az *MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének* egyik csoportja a Piskéstetői 60 cm-es Schmidt-teleszkópot használva, csillagokkal zsúfolt égiterrületekről készített CCD-felvételek segítségével kíván ilyen felfedezéseket tenni.

1999 júliusában a *Hubble*-űrtávcsővel nyolc napon át vizsgálták a 47 *Tucanae* gömbhalmazt. Úgy becsülték, hogy a halmaz mintegy 34 000 fősorozati csillaga közül kb. 1%-nak van rövid keringési idejű bolygója, és ezek közül minden tizedik esetben a fedés a Földről is megfigyelhető. Így azt várták, hogy a megfigyelési időszakban 1000 csillagonként legalább egy átvonulás, azaz összesen 30–40 átvonulás lesz. Ezzel szemben az eredmény: egyetlen csillag fedési elhalványodását sem tapasztalták.

A 2400 fényévnire lévő *NGC 2264* nyílthalmaz *KH 15D* jelű csillagánál 48.3 naponként fényességsökkenést tapasztaltak. A vizsgálatok szerint ennek az lehet az oka, hogy a csillag körül egy közel éléről látszó, törmelékből álló anyagkorong van, és egy nagyobb darabokból (akár bolygókból) álló sűrűsödés rendszeresen elhalad a csillag előtt, lecsökkentve annak fényességét. Mivel a csillag becsült kora mindössze 3 millió év, kiváló objektum lehet a bolygórendszerek születésére vonatkozó elméletek ellenőrzéséhez. Számos más csillag körül is találtak már hasonló anyagkorongot (pl. β *Pictoris*, *Vega*). Több esetben gyanítható, hogy a korongban már kering protobolygó, amely gravitációs hatásával eltorzíja a korong alakját.

Az *IRAS* infravörös űrtávcső 20 évvel ezelőtti méréseiből is kiderült, hogy a Napnál forróbb ζ *Leporis* körül porban gazdag anyagkorong van. Az egyik Keck-teleszkóppal végzett, újabb vizsgálatok szerint a korong hőmérséklete magas: 350 K, és 2.5–6 AU közötti távolságban helyezkedik el a csillag körül. A korongból folyamatosan por távozik, amit az elképzelések szerint az ottani kisbolygók ütközései során létrejövő törmelék pótol. Lehet, hogy ez az elsőként felfedezett Naprendszeren kívüli aszteroidaövezet.



2.8. ábra. A fedés során bekövetkező fényességváltozás a csillag és a bolygó sugarának függvényében. Az ábrán szerepel a csillag színképtípusa, valamint a Föld, a Neptunusz és a Jupiter mérete is

Néhány bolygórendszer

A HD 209458

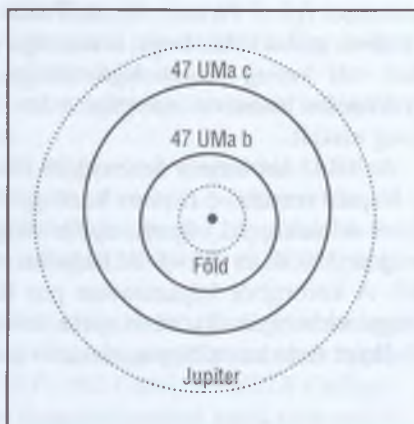
Az egyik legalaposabban tanulmányozott csillag, amelyhez bolygó is társul, a Naphoz hasonló, 153 fényévre lévő HD 209458. Spektroszkópiai úton, a radiális sebesség méréséből egy $0.63 M_{\text{J}}$ tömegű bolygóra következtettek, amely majdnem körpályán, igen közel, 3.5 nap alatt kerüli meg csillagát. Az ezután elvégzett fotometriai mérések is sikerrel jártak, megerősítve a bolygó létét: a csillag fényességében 3.5 naponként bekövetkező, $0^{\text{m}}017$ nagyságú, 3 óra időtartamú elhalványodásokat mértek, ami a bolygó átvonulásaival volt magyarázható. Sikerült a bolygó sugarát is meghatározni ($1.6 R_{\text{J}}$), így az átlagsűrűsége csupán 0.2 g/cm^3 -nek adódott. A HD 209458 bolygójának felszíni hőmérséklete mintegy 1000 K: micsoda felfűvódott, forró, ritka gázgömb!

A Hubble-űrtávcsővel egy ilyen átvonulás során felvették a rendszer színképét. A csillag fénye ekkor áthalad a bolygó légkörén, és a két színkép összeadódik, így a bolygólégkör kémiai összetétele is tanulmányozható. Megállapították, hogy a vártnál kevesebb nátriumot tartalmaz.

Csillagok több bolygóval, bolygók több csillaggal

A címben szereplő esetek különösen érdekes kérdéseket vetnek fel: hogyan alakulnak ki bolygók kettőscsillagok egyik komponense körül, illetve milyen hatást gyakorol a bolygók pályájára a kettős másik tagja? A több bolygóból álló rendszereket összehasonlíthatjuk a Naprendszerrel: vajon mennyire általánosak a mi bolygórendszerünk tulajdonságai? A továbbiakban néhány ilyen különleges többes rendszert mutatunk be, amelyeket Doppler-módszer segítségével fedeztek fel.

Az 51 fényévre lévő 47 UMa bolygórendszere kissé hasonlít a miénkhez. Két bolygója 2.56 és $0.76 M_{\text{J}}$ tömegű, ezek tömegaránya 3.3 , ami

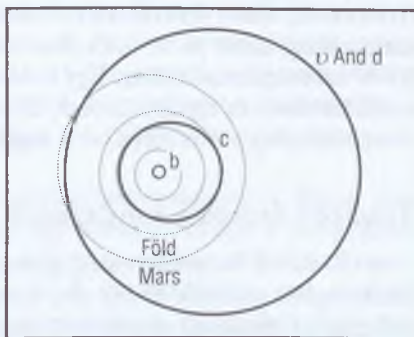
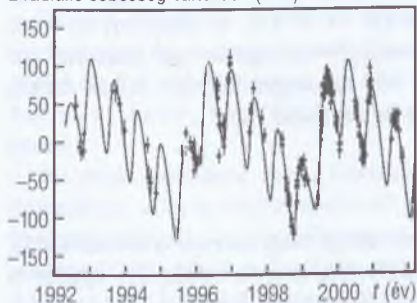


2.9. ábra. A 47 UMa bolygóinak pályája, összehasonlításképpen feltüntetjük a Föld és a Jupiter pályaméretét is

megegyezik a Jupiter–Szaturnusz tömegarányával. Csillaguktól 2.09, illetve 3.78 AU távolságra keringenek, majdnem kör alakú pályán, 3 és 7.1 éves periódussal (2.9. ábra). Elképzelhető, hogy még további, Föld típusú bolygók is vannak a rendszerben, melyek kimutatásához az eddigi mérési pontosság nem volt elegendő. A rendszerben elméleti számítások szerint 1 és 1.9 AU között egy kőzetbolygó pályája több milliárd éven át stabil lehet, annak ellenére, hogy az óriásokhoz közel kering.

Az ν Andromedae F8 V színeképtípusú csillag radiális sebességének változásából három bolygóra következtettek. A belső nagyon közel kering a csillaghoz, a második nagyjából a Vénusz és Föld közötti távolságban, a harmadik a fő kisbolygóövezetnek megfelelő távolságban található (2.10. ábra). 1953-as, 1995-ös és 1998-as felvételek vizsgálatából kiderült, hogy az ν And és a mellette lévő halvány vörös törpe együtt mozog, a környező csillagokhoz képest egyforma a sajátmozgásuk, így nagy valószínűséggel kettőscsillagot alkotnak. A $0.2 M_{\odot}$ tömegű vörös törpe az $1.2 M_{\odot}$ tömegű főkomponenst vetületben kb. 750 AU távolságban, kb. 20 000 év keringési idővel járja körül, így spektroszkópiai kettősségük kimutatásához hosszú időre van szükség.

a radiális sebesség változása (m/s)



2.10. ábra. Balra az ν And radiális sebességének változása két külső bolygójának hatására (a 4.6 nap periódusú belső bolygó okozta változások levonása után). Jobbra a három bolygó pályája. A pontozott körök összehasonlításul a Föld típusú bolygók pályáját jelzik

A HD 82943 két bolygója legalább 0.88 és $1.63 M_{\text{J}}$ tömegű. Erősen elnyúlt, 0.73 és 1.16 AU fél nagytengelyű pályán keringenek 221.6 és 444.6 nap periódussal. Mivel keringési idejük közel $1:2$ rezonanciában van, az égi mechanika törvényei szerint erősen perturbálják egymást, azaz pályájuk hosszabb idő alatt jelentősen megváltozhat. A csillag színekéből kiderült, hogy légköre sok ^6Li -izotópot tartalmaz, ami szokatlan egy idős, Nap típusú csillagnál. Az egyik

lehetséges magyarázat erre az lehet, hogy egy közeli, Jupiter típusú bolygóját már elnyelte, és annak anyagából került lítium a csillagra.

A 15 fényévre lévő, $0.32 M_{\odot}$ tömegű *Gliese 876* jelű vörös törpe csillag két bolygója is közel 1:2 rezonanciában kering, periódusuk 30 és 61 nap. Az erre a rendszerre elvégzett numerikus és analitikus égi mechanikai számítások szerint azonban milliárd évekig is stabilak maradhatnak a bolygópályák.

A *HD 168443* csillagnak két hatalmas bolygója ismert: 7.6 és 17 M_{\oplus} tömegűek, 0.3 és 2.9 AU fél nagytengelyű, lapult ellipszispályán keringenek. A nagyobbikat a tömege alapján akár a barna törpék közé is sorolhatjuk.

Az eddig felfedezetttek közül a 41 fényévre lévő *55 Cancri* rendszere hasonlít legjobban Naprendszerünkre. Három bolygója rendre 0.88, 0.22 és 4.0 M_{\oplus} tömegű; pályájuk fél nagytengelye 0.118, 0.247 és 5.9 AU; keringési idejük 14.66, 44.28 és 5360 nap. Ez utóbbi a máig ismert legnagyobb exobolygó-pálya, mérete kissé meghaladja a Jupiterét is.

Sok kettőscsillagnál is fedeztek fel már bolygót. Ezek a rendszerek aránylag tágak, a két csillag egymástól távol kering, és a bolygók csak az egyikhez tartoznak. Kettőscsillag több bolygóval: *55 Cnc*. Kettőscsillagok egy bolygóval: *τ Boo*, *16 Cyg B*, *94 Cet*, *Gliese 86*, *HD 142*, *HD 13507*, *HD 80606*, *HD 89774*, *HD 114762*, *HD 178911B*, *HD 195019*, *HD 223084B*. Találtak bolygót szoros kettőscsillag körül is. A γ Cephei fényes ($V = 3^m21$), 45 fényévnnyire lévő, *K1 IV* színektípusú csillag. Egy 2 AU távolságra keringő bolygó (adatait lásd a táblázatban) és egy igen közel, 25–30 AU távolságra keringő másik csillag – valószínűleg vörös törpe – is tagja a rendszernek.

További érdekes rendszerek

A *HD 80606* radiálissebesség-görbéjének alakja nagyon eltér a szinuszostól, fűrészfoghoz hasonló. Ebből arra következtettek, hogy a csillag (és egyben a bolygója is) rendkívül elnyúlt, 0.93 excentricitású pályán kering a közös tömegközéppont körül (Naprendszerünkben ez az üstökösökre jellemző). Idővel a relativisztikus perihélium-vándorlás jelenségét is tanulmányozhatjuk ennél a bolygónál (a pálya tengelyének elfordulása annál nagyobb, minél kisebb a fél nagytengely és minél nagyobb az excentricitás).

Az ι *Draconis* nem Nap típusú, hanem *K2III* színeképű óriáscsillag. A Doppler-módszerrel kimutatott, legalább 9 M_{\oplus} tömegű bolygója igen elnyúlt pályán, 1.5 éves periódussal kering körülötte.

Az ϵ *Eridani* mindössze 10.5 fényévre van tőlünk, így Jupiter-tömegű bolygója az eddig talált legközelebbi exoplanéta. A bolygó 500 millió km-re kering csillagától, 7 éves periódussal, erősen excentrikus pályán. Talán az űrtávcsövekkel hamarosan közvetlenül is észlelhető lesz.

Az exobolygók típusai

A bolygókat sokféle szempont szerint osztályozzák. Az egyik lehetőség a csillaguk körüli pálya adatain, az ellipszis lapultságán, méretén és a keringési időn alapul. Egy csillag körül természetesen az itt felsoroltak közül egyidejűleg akár többféle típusú bolygó is keringhet.

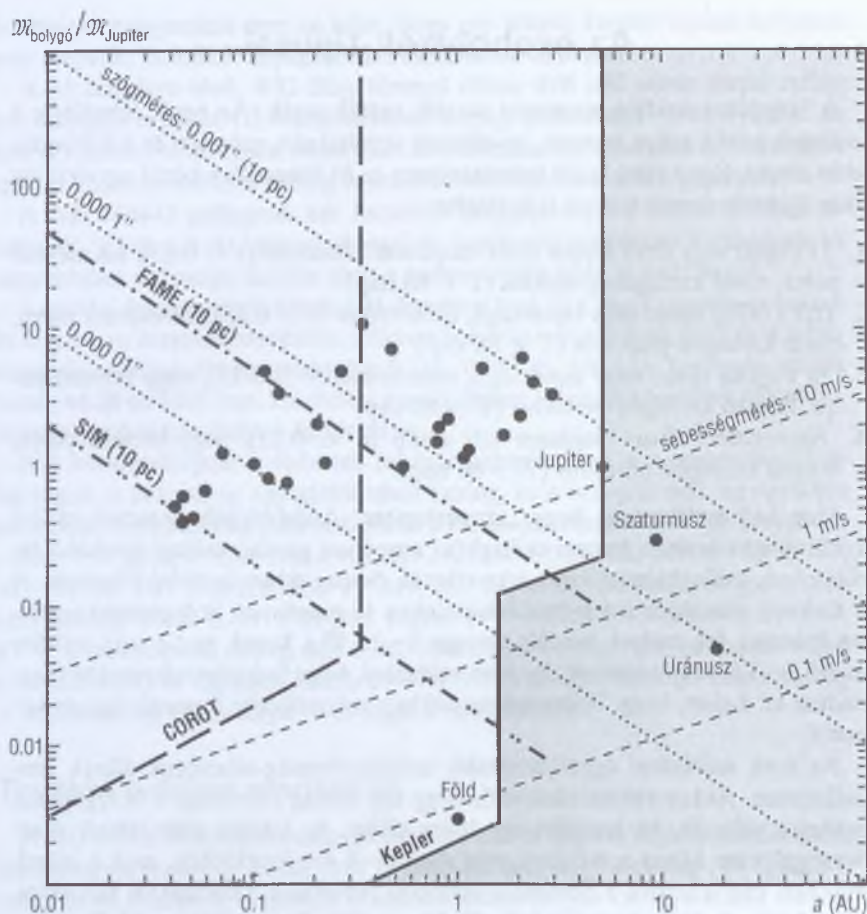
1. *51 Pegasi* vagy *forró Jupiter* típus: majdnem kör alakú ($e < 0.25$), kis méretű pálya, rövid keringési periódus ($T < 88$ nap)
2. *HD 114762* típus: nagy lapultságú, excentrikus ($e > 0.25$), kis méretű pálya, rövid keringési periódus ($T < 88$ nap)
3. *70 Virginis* típus: nagy lapultságú, excentrikus ($e > 0.25$), nagy méretű pálya, hosszú keringési periódus ($T > 88$ nap)
4. *Naprendszer* típus: majdnem kör alakú ($e < 0.25$), nagy méretű pálya, hosszú keringési periódus ($T > 88$ nap).

Meg kell említenünk, hogy „szuperjupiter” óriásbolygók nemcsak csillag körül jöhetnek létre, hanem csillagközi anyagban gazdag csillagképződési területeken, csillaghalmazokban közvetlenül, önmagukban is kialakulhatnak. A σ Orionis közelében infravörös felvételeken 18 magányos, bolygószerű égitestet fedeztek fel, melyek becsült tömege $5-15 M_J$, koruk pedig csak néhány millió év. Túl sokan vannak, így nem valószínű, hogy bolygórendszerekből szakadtak ki. Lehet, hogy Tejútrendszerünkben százmilliónyi hasonló égitest kóborol.

Az évek múlásával egyre hosszabb radiálissebesség-adatsorok állnak rendelkezésre. Akkor valószínűsíthető, hogy egy csillag sebessége a bolygójának hatására változik, ha legalább egy teljes ciklus, de inkább több látszik a sebességgörbén. Mivel a mérések még csak 6–8 éve kezdődtek, csak a közel-múltban vált lehetővé a hosszabb keringési periódusú, csillaguktól távolabbi, a mi Jupiterünkhöz hasonló bolygók kimutatása. Erre példa az *55 Cnc d*, a *47 UMa c*, illetve a *Gliese 777A b*.

Űrcsillagászati eszközök

Az ismert exobolygók számának ugrásszerű növekedését a közeljövőben felhocsátandó űrszondák méréseitől várhatjuk. A *COROT* (16. kép a színes mellékletben), a *Kepler* és az *Eddington* a fotometriai módszerrel keresi majd a csillaguk előtt átvonuló bolygókat. A *GAIA*, a *SIM* és a *FAME* misszió várhatóan nagy pontosságú pozícióméréseit már említettük (sajnos a *FAME*



2.11. ábra. Néhány űrszonda várható hatékonysága a bolygó tömegének és pályaméretének függvényében. A pontok néhány naprendszerbeli és exobolygót jelölnek. Pontozott vonalak: asztrometria, adott szögmérési pontosság és 10 pc távolság esetén; szaggatott vonalak: spektroszkópia, adott sebességmérési pontosság esetén. A vonal mellett megadott paraméterekkel a vonal feletti mérettartományban lehet bolygókat felfedezni

program megvalósulása bizonytalanná vált a NASA-támogatás megvonása miatt). A *Darwin* – *IRSI* (InfraRed Space Interferometer) és a *TPF* (Terrestrial Planet Finder) több teleszkópból álló rendszere az infravörös interferometriai képalkotás módszerével már Föld típusú bolygók felfedezését is lehetővé teszi. A bolygó helye és mérete mellett spektroszkópiai úton meghatározható lesz

atmoszférájának összetétele, amiből az élet lehetőségeire következtethetünk. A TPF megvalósítására van egy másik elképzelés is: egyetlen nagy távcső, egy látható fényben működő koronográf, ami a csillag kitakarásának módszerével működne.

A 2006-ban indítandó, 300 millió dolláros költségvetésű Kepler műhold a Földéhez hasonló pályára kerül a Nap körül. A Tejút csillagokban gazdag részén, a Cygnusban az égbolt nagy, $12''$ átmérőjű (nyújtott kézzel tenyérynyi) területét vizsgálja majd $95/140/140$ cm-es Schmidt-távcsővével és hatalmas felületű, 42 db 2200×1024 képelemes CCD-t tartalmazó kamerájával. Négy éven át mintegy százezer, 14^m -nál fényesebb csillag fényességét méri meg 15 percenként, $0^m.0001$ pontossággal.

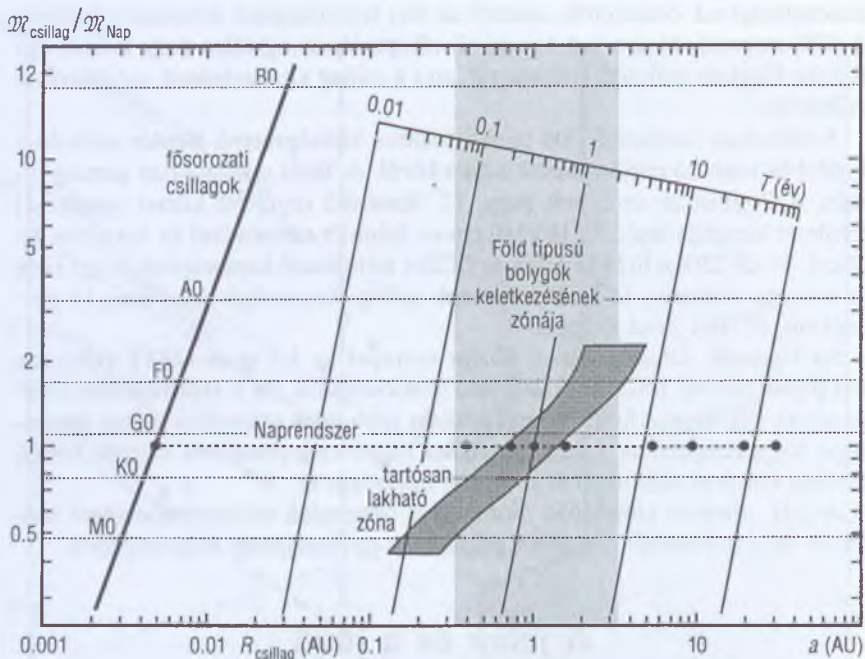
Az Egyesült Államok tervei között szerepel az 1.5 m-es *GEST* (Galactic Exoplanet Survey Telescope) űrtávcső felbocsátása is. Ez a Tejútrendszer centrumának két négyzetfokos környezetében több mint százmillió csillag fényességét fogja vizsgálni. A mikrolencsehatás miatti kifényesedések alapján remélhetőleg százával talál majd Föld típusú bolygókat is.

A 2.11. ábrán a különböző módszerek, űrszondák teljesítőképességét tüntettük fel a felfedezhető bolygók pályájának és tömegének függvényében.

A jelen és a jövő

Feltűnő, hogy az exobolygók nagy része a „forró Jupiterek” közé tartozik, a több bolygós rendszerek sem hasonlítanak a mi Naprendszerünkhöz. Azonban ez valószínűleg csak annak a következménye, hogy mai módszerek a csillagukhoz közeli óriásbolygók felfedezésére a legalkalmasabbak. Mivel a Doppler-módszer esetén legalább egy teljes keringési ciklus, a fedési módszernél legalább két átvonulás megfigyelése szükséges, a hosszabb periódusú bolygók kimutatásához több idő kell. A naprendszerbeli óriásbolygókhoz hasonló, néhány évtizedes keringési idejű kísérők megtalálásához hosszú évekig kell gyűjteni az adatokat. Ráadásul az ilyen, csillaguktól távolabb lévő bolygók felfedezése azért is nehezebb, mert az általuk okozott hatás kisebb mértékű.

Az igazán izgalmas eredmény a Föld típusú bolygók megtalálása lesz, hiszen az élet kialakulása, a civilizáció létrejötte az ilyen égitesteken valószínűbb. Számos elméleti vizsgálatot végeztek arra, hogy egy adott típusú csillag körül hol van az a „lakható” zóna, ahol a bolygón a víz folyékony állapotban lehet (2.12. ábra). Ez a zóna egy vörös törpe körül a csillaghoz közel helyezkedik el és keskeny, a forróbb csillagok körül pedig távolabbi és szélesebb. Persze egy bolygón az élet kialakulásának esélyeit nemcsak a csillagtól való távolság határozza meg, hanem sok más körülmény is. Az éghajlatot



2.12. ábra. Az életzóna helye különböző csillagok körül (ferde, sötétszürke sáv).

A vízszintes tengelyen a bolygópálya mérete, a függőleges tengelyen a csillag tömege szerepel (a betűk a színképtípusokat jelzik). A ferde skálán a bolygó T keringési ideje olvasható le

befolyásolja a bolygó légkörének vastagsága, összetétele, fényvisszaverő képessége; a pálya lapultsága, a forgástengely helyzete stb. is. A csillagról érkező fény mellett hőforrás lehet a bolygó anyagában végbemenő radioaktív bomlás vagy egy másik közeli égtest (pl. nagy hold) által okozott árapályfűtés.

Az exobolygók izgalmas témaköre kiváló lehetőséget ad a csillagászat oktatásában a komplex szemlélet fejlesztésére, hiszen a csillagászat szinte minden ágát alkalmazza, az égi mechanikától az asztrofizikáig. A bolygók, illetve az élet kialakulási esélyeinek vizsgálatához pedig planetológiai, geológiai, meteorológiai, fizikai, kémiai, biológiai vonatkozásokat is át kell tekinteni. Magyar diákok nagyon sikeresen szerepeltek egy genfi csillagászati versenyen 2001-ben és egy hollandiai konferencián 2002 tavaszán, éppen az exobolygókkal kapcsolatos pályamunkáikkal, illetve bemutatóikkal.

Irodalom

- [1.] SZATMÁRY KÁROLY: Más csillagok bolygóinak felfedezése. *Csillagászati évkönyv 1997*, 160. o.
www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/exo/exo1997evk.html
- [2.] SZATMÁRY KÁROLY: Barna törpecsillagok mint gravitációs lencsék. *Csillagászati évkönyv 1995*, 154. o.
www.jate.u-szeged.hu/obs/ismeret/gravlens/evk1995.html
- [3.] ALMÁR IVÁN: Az exobolygók készülő katalógusa. *Csillagászati évkönyv 2000*, 164. o.
- [4.] TRAUB W. A.–JUCKS K. W: *A possible aeronomy of extraterrestrial planets*. 2002.
- [5.] PERRYMAN M. A. C.: *Extra-solar planets*. 2000.
- [6.] VINKÓ J.–SZATMÁRY K.–KASZÁS G.–KISS L.: A csillagok színeképe. *Csillagászati évkönyv 1998*, 204. o.
www.jate.u-szeged.hu/obs/spectra/spektr5.html
- [7.] KOVÁCS GÉZA és munkatársai: A box-fitting algorithm in the search for periodic transits. *Astronomy and Astrophysics*, **391.**, 369. o. (2002).

Magyar honlapok az Interneten

A Szegedi Csillagvizsgáló lapjai (e cikk is, képekkel):

www.jate.u-szeged.hu/obs

Az ELTE Csillagászati Tanszék lapjai:

astro.elte.hu/news/cikkek/ogleh.html

ELTE Exoplanet Search Team: astro.elte.hu/~pkisscs/Exoplanets/

Az [origo] tudományos hírei: www.origo.hu/tudomany/

Az AKG szakkörének lapjai: supernova.akg.hu/htema/htema.html

Angol nyelvű honlapok az Interneten

California & Carnegie Extrasolar Planets Search: exoplanets.org

Geneva Extrasolar Planets Search:

obswww.unige.ch/~udry/planet/planet.html

Chronology of the discoveries: obswww.unige.ch/~naef/

Anglo-Australian Planet Search:

www.aao.gov.au/local/www/cgt/planet/aat.html

Extrasolar Planets Encyclopaedia:

www.obspm.fr/encycl/encycl.html

Extrasolar Planets Catalog:

www.obspm.fr/encycl/catalog.html

NASA JPL Planet Quest: planetquest.jpl.nasa.gov

Extrasolar Visions: www.extrasolar.net/

Frey Sándor

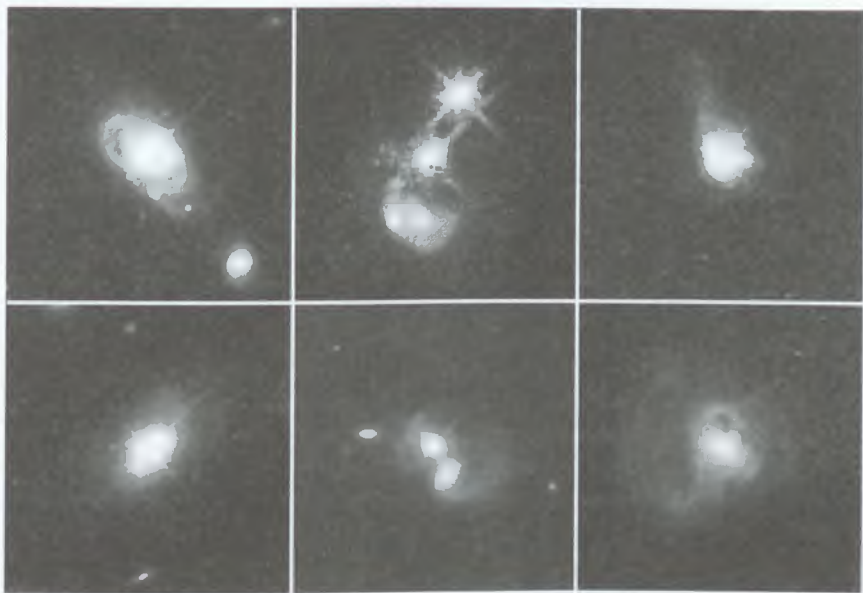
Kvazárok

A kvazárokat 1960-as évek elején fedezték fel, azóta folyamatosan a csillagászati kutatások homlokterében állnak, és minden bizonnyal így lesz ez a következő évtizedekben is. Az alábbiakban röviden összefoglalom a kvazárok kutatásának történetét, a megfigyelésükre használt módszereket, a működésükre vonatkozó elméletek alapjait, és azokat a tudományos kérdéseket, amelyek megválaszolásában e látványos extragalaktikus objektumok vizsgálata fontos szerepet játszik. Sajnos magyar nyelven az utóbbi években nem jelent meg kvazárokról szóló, összefoglaló jellegű írás. E cikk terjedelmi korlátai miatt csak vázlatos áttekintést lehet adni a csillagászatnak erről a gyorsan változó, évente számos szakkönyvet és rengeteg új eredményt produkáló területéről. A szükségképpen kimaradó részletek iránt érdeklődőknek ajánlom a cikk végén található irodalomjegyzéket.

Mik a kvazárok?

A kvazárok a Tejútrendszer határain messze túl elhelyezkedő, optikai felvételeken általában pontszerűnek mutató objektumok. Eredetileg rádiósugárzásuk alapján fedezték fel őket, és nevüket is ennek alapján kapták: *csillagszerű rádióforrás*, *kvazár* (quasi-stellar radio source, quasar vagy QSR). Csak később vált világossá, hogy sok olyan van közöttük, amelyiknek nem jelentős a rádiósugárzása, sőt ez utóbbiak mintegy tízszer gyakoribbak. Ezeket *csillagszerű objektumoknak* (quasi-stellar object, QSO) nevezték el. Az eredeti kvazár kifejezés azonban annyira meggyökeresedett, hogy a „rádióhangos” és a „rádiócsendes” csillagszerű objektumokat is így szokás nevezni.

Az 1960-as évek elején néhány erős égi rádióforrást sikerült fotolemezeken csillagszerűnek látszó objektumokkal azonosítani. Ezeknek az új „csillagoknak” az erős emissziós optikai színképvonalait azonban kezdetben lehetetlennek tűnt ismert kémiai elemekkel megmagyarázni. Hamar kiderült azonban, hogy ha nagy vöröseltolódást tételezünk fel, ezek a vonalak a hidrogén Balmer-sorozatával és még néhány ismert elem emissziós vonalaival azonosíthatók. A magyarázathoz szükséges vöröseltolódás összemérhető volt az akkoriban ismert legtávolabbi galaxisokéval! Az egyik leghíresebb kvazár, a 3C 273



3.1. ábra. Néhány kvazár anyaggalaxisa a Hubble-űrtávcső felvételein. Ezek lehetnek teljesen hétköznapiak (balra), kölcsönhatók (középen), vagy különleges formájúak (jobbra). Az „X” alakú fénysávok a távcső szerkezetében fellépő fényelhajlás következményei, nem valódi objektumok! (NASA/STScI)

esetében (6. kép a színes mellékletben) 1963-ban a színekéből $z = 0.158$ értéket kaptak. Ha ezt a vöröseltolódást kozmológiai eredetűnek, azaz a *Hubble-törvény* értelmében a Világegyetem tágulásából származónak tételezzük fel, akkor a pontszerűnek látszó égitest luminozitása megdöbbentően nagy: adódik: a mért látszó fényesség és a vöröseltolódásból kapott hatalmas távolság alapján egy átlagos galaxis energiakibocsátásánál százszorta nagyobb. A kvazárok lettek tehát a Világegyetem legtávolabbi ismert objektumai. 1965-re a vöröseltolódási rekord meghaladta a $z = 2$ -t, az akkor ismert legnagyobb galaxis-vöröseltolódások ennek legfeljebb a negyedét érték el. E cikk írásának időpontjában (2002 tavaszán) a legtávolabbi ismert kvazárt a *Sloan Digitális Égboltfelmérés*¹ során fedezték fel, vöröseltolódása $z = 6.28$ [1.].

Az igazsághoz tartozik, hogy kezdetben sokan kételkedéssel fogadták a nagy vöröseltolódások kozmológiai eredetét, éppen az ebből következő hatalmas energiatermelés és a források kis mérete miatt. Az addig vizsgált fizikai folyamatokkal, különösen a csillagok belsejében folyó, s a leghatékonyabbnak

1. Az Univerzum digitális térképe, Csillagászati évkönyv 2002, 199. o.

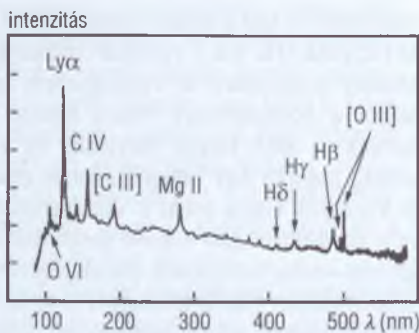
vélt magfúzióval nem lehet megmagyarázni, hogyan termelődhet ennyi energia ilyen kis térfogatban. Csillagászok egy maroknyi csoportja ma is feltételezi, hogy a kvazárok vöröseltolódása — legalábbis részben vagy egyes esetekben — nem kozmológiai eredetű². E feltételezés alapjául olyan megfigyelések szolgálnak, amikor egyes kvazárok „túlságosan közel” látszanak másokhoz, illetve bizonyos galaxisokhoz, a szoros párok mért vöröseltolódása viszont eltérő. A vöröseltolódások nem kozmológiai eredetére azonban nincs megfelelő elmélet. A tudományos közvéleményben úgy látszik, hogy a vita eldőlt, hiszen mind a kvazárok működésére vonatkozó elképzelések, mind az Ősrobbanás-on alapuló kozmológiai modellek alapvetően összhangban vannak az egyre szaporodó megfigyelési anyaggal.

A kvazárok nagy távolságát egy sor jelenség közvetlenül is bizonyítja. Ilyen a gravitációs-lencse-hatás, amikor egyes távoli kvazárok képét egy (mérhetően kisebb vöröseltolódású) előtérgalaxis felerősíti, illetve megtöbbszörözi. A lencsének mindig közelebb kell lennie, mint a leképezett objektumnak. Nagy érzékenyséű optikai felvételeken, például a Hubble-űrtávcsővel készített képeken gyakran feltűnik a kvazárhoz tartozó halvány galaxis is (3.1. ábra). Ez megerősíti azt az elképzelést, hogy a kvazárok aktív galaxismagok, amelyek általában túlargyogják az őket körülvevő galaxist. Az anyaggalaxisok és kvazárok vöröseltolódása a vizsgált esetekben mindig megegyezett.

Mit tudunk ma a kvazárokról?

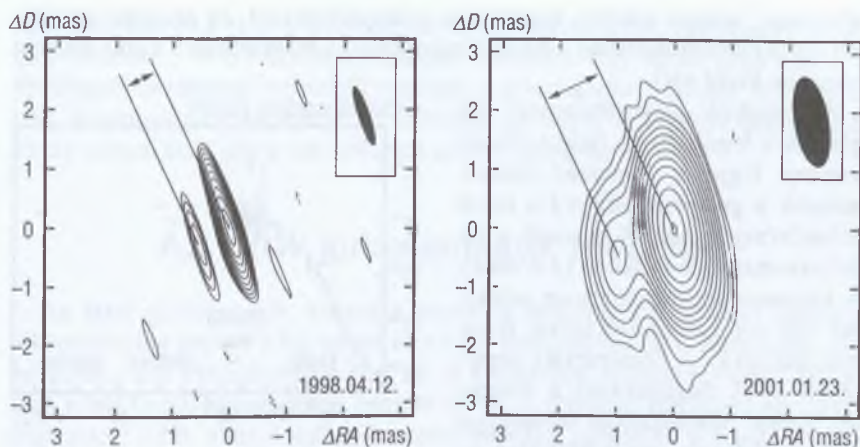
A kvazárok az *aktív galaxismagok* (active galactic nuclei, AGN) közé tartoznak. Az aktív galaxismagok elektromágneses sugárzása a normális galaxismagokénál sokkal nagyobb. A kvazárok luminozitása hatalmas, a Napénak akár a 10^{14} -szeresét is elérheti. A sugárzás jórészt nem hőmérsékleti eredetű, azaz nem származhat csillagokból vagy közönséges csillagközi anyagból. A kvazárokat leíró modellnek számos további fontos tulajdonságot is meg kell magyaráznia.

A kvazárok optikai képe csillagszerű, de a mag körül gyakran látható,



3.2. ábra. Az átlagos kvazárokra jellemző optikai és ultraibolya emissziós szinképvonalak. A hullámhosszak a kvazárral együtt mozgó rendszerben értendők

2. Lásd a *Nem kozmológiai eredetű vöröseltolódások?* című hírt.



3.3. ábra. A 1351–018 jelű, viszonylag távoli ($z = 3.71$) kvazárról 5 GHz frekvencián készült két űr-VLBI térkép. A két mérés között eltelt közel 3 év alatt a magtól keletre látható kifúváskomponens elmozdulása $0''.0005$ volt. Ez látszólag több mint tízszeres fénysebességnek felel meg (a hatalmas távolság miatt a pontos érték nagy erősen függ a feltelezett kozmológiai modelltől). A két kép elérő felbontású rádióteleszkóp-hálózattal készült, ezért a mag és a kifúváskomponens „méretének” változása csak látszólagos.

A szögfelbontás a kitöltött ellipszis mutatja, az adott űr-VLBI hálózattal ilyennek látnánk egy pontszerű rádióforrást

viszonylag halvány kiterjedt objektum is (3.1 ábra). Egyes esetekben a magból kiinduló, szivar alakú nyúlvány, gázkilövellés, elterjedt angol szakkifejezéssel *jet* is felfedezhető (3C 273, 6–7. kép a színes mellékletben).

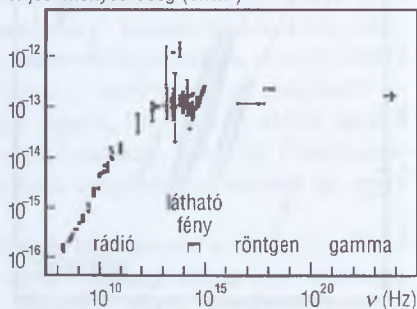
A kvazárok színképe széles emissziós vonalakat tartalmaz (3.2. ábra). A vonalszélességek jellemzően több ezer km/s sebességkülönbségeknek feleltethetők meg, ami a kibocsátó gáz erőteljes mozgására (keringésére, behullására vagy kidobódására) utal. A legerősebb emissziós vonalak a hidrogén, szén és magnézium atomjaitól, illetve ionjaitól származnak. A kvazárok színképéből megállapítható kémiai összetétel meglepő módon hasonlít a jelenleg megfigyelhető csillagokéhoz, még a nagy vöröseltolődású – tehát távoli, és emiatt sokkal korábbi állapotukban látható – kvazárok esetében is. Ez pedig arra utal, hogy a ma ismert legtávolabbi kvazárok keletkezését is a csillagkeletkezés számos ciklusa előzhette meg.

A rádiótartományban a kvazárok szerkezete a több tucat ívmásodpercestől az ezred ívmásodperces skáláig tanulmányozható. A legkompaktabb anyagkifúvások akár néhány év alatt is észrevehetően változtatják szerkezetüket. A mozgás mindig a magtól kifelé tart (3.3. ábra). A gázaramlás látszólagos

sebessége³ számos esetben meghaladja a fénysebességet, ez azonban egyáltalán nincs ellentmondásban a fizika törvényeivel (a magyarázatra a cikk további részében kerül sor).

A kvazárok elektromágneses sugárzása a legszélesebb frekvenciatartományt fogja át. Sugárzási teljesítményük a gammasugaraktól a távoli infravörösig nagyjából hasonló, a rádiótartományban csökken (3.4. ábra). A folytonos elektromágneses színekpet egy sor különböző fizikai folyamat alakítja ki. A hőmérsékleti sugárzáson kívül meghatározó a mágneses térben relativisztikus sebességgel mozgó, elektromosan töltött részecskék (elsősorban elektronok) *szinkrotronsugárzása*. Ez a folyamat felelős a kis energiájú (rádió-) sugárzásért. A nagy energiájú (röntgen- és gamma-) sugárzás jellemzően az *inverz Compton-szórás* által keletkezik. Ennek során a kisebb energiájú fotonok nagy energiájú elektronokkal ütközve kerülnek magasabb energiatartományba.

teljesítménysűrűség (W/m^2)



3.4. ábra. A 3C 273 rádióhanges kvazár elektromágneses sugárzásának energiaeloszlása a frekvencia függvényében.

A rádiócsendes kvazárookra vonatkozó görbe a rádiótartományban jóval lejjebb haladna (NASA/IPAC)

A kvazárok fényessége rendkívül gyorsan, jellemzően néhány nap vagy hét alatt jelentősen megváltozhat, de előfordulnak akár néhány órás időskálájú változások is. A sugárzás változása különböző frekvenciákon is megfigyelhető, és a kvazárokra általánosan jellemző tulajdonság. A fényességváltozások nem periodikusak, hosszabb-rövidebb nyugalmi és kitörési szakaszok követik egymást; a felfénylések amplitúdója néhány hónapos—éves időtartam alatt elérheti az átlagfényesség 10—40%-át. A gyors változások magyarázatához fel kell tételezni, hogy a sugárzás rendkívül kis térrészből ered, nagyjából akkorából, amekkorán a fény a változás időtartama alatt áthalad. A változások időbeli lefolyásának különböző frekvenciákon történő vizsgálatával tehát a kvazárok legbelső részein uralkodó fizikai viszonyokról nyerhetünk információt.

Minél nagyobb egy objektum vöröseltolódása, annál távolabb van, és — miután a fénynek a nagyobb távolság megtételéhez több időre van szüksége — annál régebbi állapotát látjuk. A kvazárok rendkívül széles vöröseltolódás-

3. A látszólagos sebesség a kifúvás megfigyelhető részleteinek az égen mért szögsebességéből (hosszabb idő alatti elmozdulásából) és a kvazár vöröseltolódása alapján meghatározott távolságból számolható ki.

tartományban ($0.1 < z < 6$) népesítik be az Univerzumot, túlnyomó többségük azonban $z = 2.5$ vöröseltolódásnál közelebbi. Úgy tűnik, hogy ennek a távolságtartománynak megfelelő múltban a galaxismagok jelentős része aktív volt. Kozmológiai időskálán ez az aktivitás egybeesik az intenzív csillagkeletkezés időszakával, ami a két folyamat szoros kapcsolatára utal.

Az aktív galaxismagok modellje

Az aktív galaxismagok, köztük a kvazárok működéséről alkotott jelenlegi elképzeléseink szerint a kis méret és a nagy energiakibocsátás hátterében egy központi, nagy tömegű fekete lyuk áll. A kisugárzott energia forrása a fekete lyuk körül forgó, folyamatosan behulló anyag. A folyamat hatásfoka egy nagyságrenddel jobb, mint a csillagok termonukleáris reakcióié: a fekete lyukba zuhanó anyag nyugalmi tömegének megfelelő energia (mc^2) kb. 10%-a szabadul fel. Így a megfigyelt luminozitások eléréséhez évente mindössze nagyjából egy naptömegnyi anyag befogására van szükség. Napjainkra számos esetben közvetlenül is megmérték a központi fekete lyuk tömegét, például a galaxisok középpontja körül keringő mézerforrások mozgásának elemzésével. A központi fekete lyuk tömege az aktív galaxismagokban $10^6 - 10^9$ naptömeg. Kiterjedésük viszont nagyon kicsi: a legnagyobb tömegű fekete lyukak sem nagyobbak a Naprendszer méreteinél — egy egymilliárd naptömegnyi fekete lyuk Schwarzschild-sugara⁴ mindössze 20 AU.

A központi energiaforrást tápláló anyag minden bizonnyal egy gyorsan forgó, lapult képződményben, az *anyagbefogási (akkréció) korongban* koncentrálódik. A korong belső széle a fekete lyuk sugarának néhányszorosánál helyezkedik el. Az itt található forró, akár millió fokos gáz hőmérsékleti sugárzása magyarázza a kvazárok folytonos színképében megjelenő jellegzetes ultraibolya púpot. A széles emissziós színépvonalak a központi fekete lyuktól kissé távolabb, néhány parszek távolságon belül, nagy sebességgel keringő gáztól származnak. A keskenyebb emissziós vonalak még távolabbi, következtetésképpen lassabban mozgó, ritkább és különböző ionizációs fokú gázfelhőkből erednek. A H II-zónák sugárzásából jól ismert OII és OIII keskeny emissziós vonalainak forrása pedig a centrumtól akár kiloparszekes távolságban is lehet.

Talán a legkülönösebb képződmények a főleg rádiótartományban, de optikai vagy akár röntgenhullámhosszakon is megfigyelhető *gázkifúvások*. Ezek a

4. Ha egy adott tömeget egyre kisebb méretű gömbbe sűrítünk össze, a gömb felszínén egyre nagyobb lesz a szökési sebesség. Amikor ez a szökési sebesség éppen a fénysebességgel egyenlő, a gömb sugara az adott tömeghez tartozó Schwarzschild-sugárral egyenlő.

központi fekete lyuk közvetlen környezetéből, szimmetrikusan kiinduló anyagkidobódások. Bennük az anyagbefogási korongra merőlegesen, a forgástengely irányában relativisztikus sebességű plazma hagyja el a galaxismagot. A kifúvások általában egyenesek, az erősen irányított, kis kúpszögön belül haladó anyagáramlás sok esetben jócskán túlnyúlik a látható fényben megfigyelhető galaxis határain is. Előfordulnak közöttük egymillió parszek méretűek is! Ilyen méretű képződmény kialakulásához és fennmaradásához belülről folyamatosan jelentős anyagutánpótlás szükséges.

Az aktív galaxismagok leegyszerűsített modelljét a 3.5. ábra szemlélteti. A megfigyelések alapján nyilvánvaló, hogy ezek az objektumok tengelyesen szimmetrikus felépítésűek. A központi fekete lyukat körülvevő anyagbefogási korongból ered a kvazár látható és ibolyántúli sugárzásának túlnyomó része. A két ellentétes irányba kilövellő gázáramra a szinkrotron és inverz Compton-sugárzás a jellemző. A kvazárok megfigyelt röntgensugárzása túlnyomórészt az anyagbefogási korongból és a kifúvásokból származik, és innen ered a rádiósugárzás is. A széles optikai és ultraibolya emissziós vonalakért felelős, viszonylag sűrű felhők kissé távolabb találhatók. Ezt az egész, nagyjából egy parszek sugarú központi tartományt egy porgyűrű veszi körül, amely a belülről jövő elektromágneses sugárzás tekintélyes részét elnyeli, és infravörös tartományban sugározza ki. A keskeny emissziós vonalak a gyűrűn kívüli tartományban található, kisebb sűrűségű gázfelhőkből származnak. Mivel ezeket az ionizáló sugárzás a központ felől éri, jellemzően a rendszer szimmetriatengelye körül figyelhetők meg.

A fentiek alapján az aktív galaxismagok nem egyformán sugároznak a tér minden irányába, így nem meglepő, hogy megjelenési formáik drámaian különbözőek lehetnek attól függően, hogy tengelyük hogyan helyezkedik el látóirányunkhoz képest. Az eltérő látvány egyrészt abból következik, hogy a magot körülvevő anyag eloszlása és fizikai állapota a különböző irányokban eltérő, és így a magból eredő sugárzást is irányfüggően nyeli el. Másrészt az esetleg felénk irányuló kifúvás sugárzásának intenzitása jelentősen felerősödik a *relativisztikus nyalábolás* miatt, a távolodó kifúvás pedig elhalványodik, akár észlelhetetlenné is válhat.

A modell szerint a kvazárok valójában „felülről”, azaz közel a szimmetriatengely irányából (legfeljebb kb. 45 fokos szögben) látott aktív galaxismagok. A rádióhangos objektumok között ennél nagyobb szögek esetén rádiógalaxisokat látunk, amelyeknél feltűnik a két nagy, akár sok ezer parszek méretű, ellentétes irányú kifúvás. Ezek általában rádiósugárzó felhőkben és forró foltokban végződnek, amik a kiáramló plazma és a galaxisközi anyag kölcsönhatása során keletkeznek. Ma sincs válasz arra a kérdésre, hogy mi az alapvető különbség a rádiócsendes és rádióhangos aktív galaxismagok (kvazárok) között, azaz hogyan lehetne ezeket egy nagy, egységes elméletbe foglalni. Sokan



3.5. ábra. Egy százmillió naptömegnyi fekete lyukat tartalmazó, rádiósugárzó, aktív galaxismag felépítése. A felső képen a szürke nyilak jelzik, hogy a látóiránynak a szimmetriatengellyel bezárt szögétől függően az objektumot rádiógalaxisként, kvazárként vagy blazárként (BL Lacertae objektumként illetve különleges kvazárként) figyelhetjük meg

gyanítják, hogy esetleg a központi fekete lyuk perdülete lehet az a jellemző, ami meghatározza a rádiósugárzás erősségét. A gyorsan forgó, nagy tömegű fekete lyukak körül keringő, elektromosan töltött részecskék elektromágneses tere alkalmas lehet az összetartó plazmanyalábok, a kifúvások létrehozásához. Fontos szerepe lehet még annak is, hogy az anyagbefogás során egységnyi idő alatt mekkora tömeg hullik be a fekete lyukba.

A relativisztikus nyalábolás hatása nem csak a féloldalasnak látszó kifúvások esetében érhető tetten. Nagy felbontású rádió-interferométeres (VLBI, [10.]) vizsgálattal kimutatták, hogy a kvazárokhoz tartozó kifúvásokban egyáltalán nem ritka jelenség a látszólag fénysebességnél gyorsabb mozgás (3.3. ábra). Ha feltételezzük, hogy a kifúvás anyagcsomói valójában a fényt megközelítő (de természetesen meg nem haladó) sebességgel mozognak, a látóiránnyal viszonylag kis szöget bezárva, akkor a hatás egyszerűen megmagyarázható. A jelenség lényege, hogy a kifúvás megfigyelt részletének későbbi helyzetéből a rádiósugárzás lényegesen rövidebb idő alatt ér el hozzánk, mint a korábban észlelt, távolabbi helyéről. Így a megfigyelő számára úgy tűnik, hogy a két helyzet közti utat az anyag a valóságosnál sokkal rövidebb idő alatt tette meg. Így a látszólagos sebesség a fénysebesség sokszorosa is lehet.

Miért fontosak?

A kvazárok — hatalmas energiakibocsátásuk miatt — a Világegyetem térben és időben legmesszebből megfigyelhető objektumai. Az elektromágneses színekép legszélesebb tartományában sugároznak, a rádióhullámoktól a legnagyobb energiájú (TeV-os) gammasugarakig. Segítségükkel tanulmányozhatjuk a nagy tömegű fekete lyukak közvetlen környezetét. Emellett olyan próbatestekként is használhatók, amelyek statisztikai vizsgálatával a Világegyetem térbeli szerkezetére és időbeli fejlődésére vonatkozó ismeretekhez juthatunk, ellenőrizhetjük a különböző kozmológiai modellek helyességét [10.]. A kvazárok számsűrűsége $z = 2$ és $z = 3$ között (a vöröseltolódást időre átszámolva a Világegyetem jelenlegi korának mintegy 15%-ánál) a legnagyobb — ennél nagyobb vöröseltolódásoknál (korábbi múltban) hirtelen megritkulnak.

A kvazárok mint fényes világítótornyok nem csupán saját magukról árulkodnak. Sugárzásuk a hozzánk vezető hosszú úton átvilágítja az Univerzumot, részben elnyelődik a ritka galaxisközi anyagban. A Világegyetem anyagának nem elhanyagolható részét kitevő intergalaktikus gázt valójában csak a kvazárok segítségével tudjuk közvetlenül megfigyelni. A kvazárok fénye áthalad a galaxisközi gázon, illetve az előtérgalaxisok anyagán. A kvazárok színeképében megjelenő elnyelési színeképvonalak árulkodnak a látóirányba eső gáz kémiai összetételéről, eloszlásáról és fizikai jellemzőiről.

A semleges hidrogén Lyman-alfa vonala az ultraibolya tartományba esik, laboratóriumi hullámhossza 121.567 nm. A kozmológiai vöröseltolódás miatt a megfelelően távoli kvázárok színekében ez a látható tartományba csúszik. A kvázárok optikai színekében százával jelennek meg éles abszorpciós vonalak amelyek ennek a vonalnak a megfelelői (*Lyman-alfa erdő*). A kvazár fénye útja során számos, különböző távolságban levő intergalaktikus hidrogénfelhőn halad át. Ezek mindegyike létrehoz a színekben a maga vöröseltolódásával egy elnyelési vonalat. Az atomos hidrogén sűrűségétől függően az abszorpciós vonalak jellemzői mások és mások lehetnek. Ennek segítségével az intergalaktikus gáz tulajdonságai jól tanulmányozhatók. A kvázárok színekében levő Lyman-alfa emissziós vonal kék oldalán (vagyis a kisebb vöröseltolódásnak megfelelő oldalon) a folytonos színekpet szinte elfogyasztja ez a Lyman-alfa erdő.

Az elnyelés azonban, elsőre talán meglepő módon, mégsem tökéletes. Kimutatható ugyanis, hogy ha a Világegyetemben fellelhető összes hidrogénnek akár csak a 0.01%-a atomos állapotban lenne, akkor a távoli galaxisok fényét a látóirányba eső hidrogénatomok ebben a tartományban teljesen elnyelnék (*Gunn – Peterson-jelenség*). Hogy ez mégis így, arra két magyarázat adható. Vagy nagyon kevés a csillagokból „kimaradt” galaxisközi hidrogéngáz, vagy sok ugyan a hidrogén, de nem atomos állapotú — amikor a Lyman-alfa elnyelés az alapállapotban levő elektron gerjesztése útján létrejöhet —, hanem ionizált.

Ez utóbbi magyarázat a helytálló. Hogy ezt megérthessük, tekintsük át röviden, hogy a Világegyetem fejlődésének korai szakaszában hogyan alakult a hidrogén sorsa. (Teljesebb történet olvasható kozmológiai összefoglalókban, pl. [13].) A $z = 1000$ vöröseltolódásnak megfelelő időszakban jöttek létre a hidrogénatomok. A Világegyetem tágulása és ezzel a hőmérséklet csökkenése során a sugárzás fotonjainak energiája a hidrogén ionizációs energiája alá csökkent: egy-egy proton és elektron tartósan együtt maradhatott, bekövetkezett a rekombináció. (A rekombináció szóban a „re” előtag jelentése „ismét”, „vissza”, ez azonban ne tévesszen meg senkit, hiszen az Univerzum történetében ez volt az első időszak, amikor atomos állapotú hidrogén előfordulhatott. . .) Ekkorra tehető a ma is megfigyelhető mikrohullámú háttérsugárzás keletkezése is.

A továbbiakban a hidrogént nagyrészt felhasználta a szuperhalmazok, galaxishalmazok, galaxisok, csillagok kialakulása. Emellett azonban valamennyi maradt belőle a csaknem „üres” galaxisközi térben is. Ezt a semleges hidrogént a keletkezett csillagok és kvázárok ultraibolya és röntgensugárzása újra ionizálni kezdte — ez a folyamat a *reionizáció*. (Itt már jogos a „re” előtag használata!) A reionizáció először csak az ionizáló sugárforrás közvetlen környezetében zajlott (II-II-zónák), később azonban ezek az ionizált tartományok

egyre inkább összeértek, és semleges hidrogén csak elszigetelt felhőkben maradt meg. Ilyen atomos hidrogénfelhők — amelyek egy-egy kvazár látóirányába esnek — okozzák a színekben megfigyelhető Lyman-alfa elnyelést.

Napjaink asztrofizikájának érdekes kérdése, hogy az Univerzum fejlődése során mikor következett be a reionizáció. Mennyire kell visszanezünk az időben, hogy részleges helyett teljes Lyman-alfa elnyeléssel találkozunk? A legújabban felfedezett $z = 6$ körüli kvazárok színeke, az ezekben látni vélt Gunn — Peterson-jelenség alapján valószínűsíthető, hogy az Univerzum reionizációja nagyjából ennek a vörösetolódásnak megfelelő időszakban fejeződhetett be. A helyzetet bonyolítja, hogy a reionizáció fokozatosan zajlott le, és különböző látóirányokban nem teljesen egyformán folyt.

A VLBI technikával a kvazároknak nem csak a parszek skálájú rádiószerkezetét tudjuk feltérképezni, hanem pontos égi helyzetüket is meg tudjuk állapítani. A hosszú ideje megfigyelt kvazárok pozíciójának hibája mindössze 10^{-4} ívmásodperc nagyságrendű. Az égi vonatkoztatási rendszernek a kvazárokhoz való rögzítése tulajdonképpen természetes, hiszen ezek az objektumok olyan messze vannak, hogy bármilyen gyors mozgásuk észrevétlen maradna. Így ma az 1998-ban hivatalossá tett, több mint 200 kvazár VLBI-pozíciójával definiált vonatkoztatási rendszer (ICRF) az inerciarendszer legjobb gyakorlati megvalósítása.

Nyitott kérdések

Napjainkra általánosan elfogadott az a feltételezés, amely szerint a keskeny kifúvások létrejöttében és gyorsításában az anyagbefogási korongban lejátszódó magneto-hidrodinamikai folyamatok felelősek. A legnagyobb teljesítményű számítógépeken végzett modellszámítások segítségével sikerült visszakapni a kifúvások ismert tulajdonságainak többségét, de még mindig nem teljesen világos, hogyan jönnek létre a megfigyelt nagy sebességű plazmaáramlások. Egy másik alapvető kérdés, hogy a kifúvások a fekete lyuk közvetlen közelében keletkeznek-e, vagy a kifelé induló plazmaáramlás később, a mágneses tér és a csillagközi anyag nyomása hatására válik ennyire irányítottá. (A kifúvások kúpjának nyílásszöge sok száz parszek hosszúság esetén is kisebb 10^0 -nál!)

A viszonylag közeli kvazárok vizsgálata alapján megállapítható, hogy kvazárok elliptikus, spirális vagy irreguláris galaxisokban is előfordulnak. A távolabbi anyagagalaxisok típusa általában nem állapítható meg, mert fényüket a kvazaré valóban túlragyogja. A rádióhangos kvazárok elsősorban elliptikus vagy erősen kölcsönható galaxisokhoz tartoznak. Bizonyos jelek arra mutatnak, hogy a galaxisok kölcsönhatása, ütközése és a kvazárokat tápláló nagy

tömegű fekete lyukak kialakulása, illetve folyamatos aktivitása között összefüggés van. A központi fekete lyukba behulló anyag utánpótlását talán az egymáshoz közel kerülő galaxisok perturbáló hatása biztosítja.

Az a kérdés még ma is válaszra vár, hogy pontosan miképpen alakultak ki a kvazárok közepén található nagy tömegű fekete lyukak: folyamatos tömegbefogással vagy kisebb tömegek összeolvadásával? Megfigyelési tény, hogy $z = 6$ körül, vagyis a Világegyetem jelenlegi korának egytized részénél már léteztek milliárd naptömegnyi fekete lyukak. A legnagyobb vöröseltolódású kvazárok vizsgálata fontos adalékokkal szolgálhat annak megértéséhez, hogy a korai Univerzumban hogyan alakult ki az anyag ma is megfigyelhető strukturálódása.

A legújabb mérési adatok szerint egyre valószínűbbnek tűnik, hogy a normális galaxisok középpontjában is találhatóak fekete lyukak, még ha kisebbek is, mint az aktív galaxismagokban. (A Tejútrendszer központi nagy tömegű, kompakt objektumára, amely egybeesik a *Sagittarius A** rádióforrással, $2.6 \cdot 10^6 M_{\odot}$ értéket mérték.) Nem világos még, hogy mi a viszony az aktív és inaktív galaxismagok között: miben különbözik fejlődésük útja, átalakulhatnak-e egymásba, esetleg az aktivitás életük egy rövid szakaszára korlátozódik-e.

Az elektromágneses színekép rádió-, infravörös, optikai és röntgentartományában végzett felmérések célja, hogy egyre több és több kvazárt fedezzünk fel, és statisztikai vizsgálatok alapján közelebb kerüljünk a kvazárok működésének, fejlődésének megértéséhez. Emellett minél több olyan próbatesthez jussunk, amelyeket azután a Világegyetem nagyléptékű szerkezetét és fejlődését leíró kozmológiai modellek finomítására használhatunk. Jelenleg valamivel több mint 12 000 kvazárt ismerünk, de már elindultak azok az égbolt nagy részére kiterjedő felmérések (*2dF Quasar Survey*, *Sloan Digitális Égboltfelmérés*), amelyek nyomán az ismert kvazárok száma néhány éven belül legalábbis meg-tízszereződik.

Irodalom

- [1.] FAN, X. ÉS TÁRSAI: A Survey of $z > 5.8$ Quasars in the Sloan Digital Sky Survey I. Discovery of Three New Quasars and the Spatial Density of Luminous Quasars at $z \sim 6$. *Astronomical Journal*, 2001, **122.**, 2833. o.
- [2.] KEMBIHAVI, A. K.–NARLIKAR, J. V.: *Quasars and Active Galactic Nuclei*. Cambridge University Press, 1999.
- [3.] KROLIK, J. H.: *Active Galactic Nuclei: From the Central Black Hole to the Galactic Environment*. Princeton University Press, 1999.
- [4.] MEIER, D. L.–KOIDE, S.–UCHIDA, Y.: Magnetohydrodynamic Production of Relativistic Jets. *Science*, 2001, **291.**, 84. o.

- [5.] MURDIN, P. (szerk.): *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*. Institute of Physics Publishing, Bristol, 2001.
- [6.] PEACOCK, J. A.: *Cosmological Physics*. Cambridge University Press, 1999.
- [7.] URRY, C. M.–PADOVANI, P.: Unified Schemes for Radio-Loud Active Galactic Nuclei, *Publications of the Astronomical Society of Pacific*, 1995, 107., 803. o.
- [8.] WEEDMAN, D. W.: *Quasar Astronomy*. Cambridge University Press, 1986.

Extragalaktikus csillagászzal foglalkozó magyar nyelvű irodalom:

- [9.] CSABAI I.–SZALAY S.–BUDAVÁRI T.: Extragalaktikus távolságmérés fotometriai adatokból. *Fizikai Szemle*, 2001/10.
- [10.] FREY S.: Rádiógalaxisok és kvazárok: égi háromszögelési pontok. *Csillagászati évkönyv 1998*, 178. o.
- [11.] PARAGI ZS.–FREY S.: A „legforróbb” kvazárok. *Természet Világa*, 2000/3.
- [12.] VILKOVISZKIJ, E. J.: *A rejtélyes kvazárok*. Gondolat, Budapest, 1988.
- [13.] MÉSZÁROS A.: Napjaink kozmológiája. *Csillagászati évkönyv 2002*, 203. o.

Továbbá a *Csillagászati évkönyv*, a *Meteor*, az *Élet és Tudomány* és a *Természet Világa* rövid hírei,

az interneten: www.origo.hu/tudomany.

Apai Dániel–Vavrek Roland

A nagy tömegű csillagok keletkezése

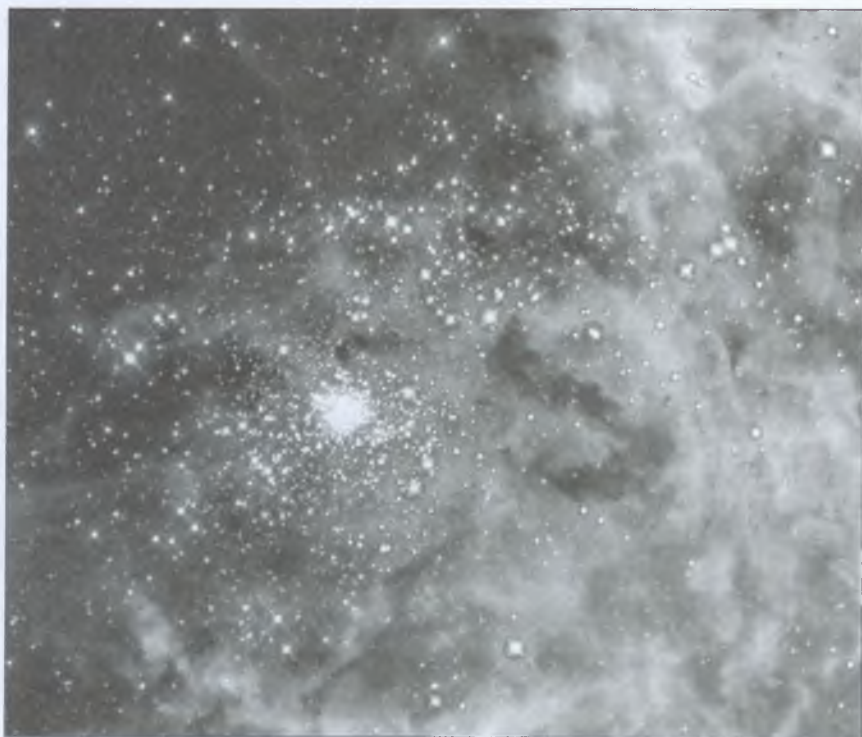
Bevezetés

A 20. század elejére nyilvánvalóvá vált, hogy a csillagok hőmérséklete és tömege között fizikai kapcsolat van: a legforróbb csillagok általában a legnagyobb tömegűek is. A csillagok tömege széles tartományt fog át: kb. $0.1 M_{\odot}$ -tól durván $100 M_{\odot}$ -ig találhatunk csillagokat. A tömegeloszlás alsó határát a magfúzióhoz szükséges nyomás- és hőmérsékletértékek határozzák meg, a felső határt pedig a hatalmas luminozitás okozta instabilitás adja. A legnagyobb tömegű csillagokból nagyon kevés ismert: míg a Naphoz hasonló csillagok számát a Tejútrendszerben sok százmillióra becsüljük, B0 színképtípusúból ($17 M_{\odot}$) sok ezret találhatunk, O3 típusú, vagy ennél nagyobb tömegű ismert csillagok száma Galaxisunkban tíznél is kevesebb. A továbbiakban a B0 vagy annál korábbi színképtípusú csillagokat tekintjük nagy tömegűnek. Ezek száma alacsony a kis tömegűekéhez képest, de drámai hatással vannak környezetükre.

Ezek a hatalmas és forró csillagok csillagszelükön és ultraibolya sugárzásukon keresztül sok milliószor több energiát pumpálnak környezetükbe, mint a Nap. Ez a hatás nemcsak a környező molekulafelhőket formálja döntően, de a csillagpopulációt is: a gigászi lökéshullámfrontok és az erős ultraibolya sugárzás gyakran vezetnek a csillagkeletkezés beindulásához vagy éppen a már születőben lévő csillagok és bolygórendszerek pusztulásához.

A nagy tömegű csillagok hatásának bemutatására kiváló példa az *Orion-köd*, amelyben ugyan több ezernyi kis tömegű csillag lapul, mégis a néhány nagy tömegű OB-csillag határozza meg a szerkezetét. A halmazokban az O-csillagok általában a halmaz közepén csoportosulnak. Az Orion-ködben lévő halmaz esetében ez a Trapéz-rendszer. A 4.1. ábrán és 10. képen a színes mellékletben a Trapéznál jóval nagyobb 30 *Doradus* csillagkeletkezési területet mutatjuk be.

Az OB-csillagokat az égen csoportokban, OB-asszociációkban találjuk. Ezek a Tejútrendszer fősíkjá mentén helyezkednek el. Más galaxisok esetében ezek a fényes, kék színű csillagok rajzolják ki a spirálkarokat. Az OB-csillagok a csillagkeletkezési területek környékén lehetők fel, rövid – kb. tízmillió éves – élettartamuk miatt onnan nem jutnak el messzire.



4.1. ábra. A Nagy Magellán-felhőben található 30 Doradus csillagkeletkezési terület a Hubble-űrtávcső felvételén. Jól látható, hogy a forró, nagy tömegű csillagok a halmaz közepén csoportosulnak. Az őket körülvevő anyagot erősen ionizálják; az ionizáció és az erős csillagszél keltette lökéshullámfrontok a halmaz környezetében is a csillagkeletkezés beindulásához vezetnek. A terület tágabb környezete a színes melléklet 10. képén látható

Fejlődésük végén még egy látványos szerephez jutnak: szupernóvaként felforrva túlragyogják galaxisuk összes többi csillagát. Eközben hatalmas mennyiségű energiát és hidrogénnél nehezebb elemet juttatnak a csillagközi térbe. Földünk kémiai összetételét is nagymértékben ilyen szupernóva-robbanások által kivetett anyag határozza meg.

Az OB-csillagok tehát igen fontosak számos más csillagászati objektum (galaxisok, csillagok, barna törpék, protoplanetáris korongok, molekulafelhők stb.) megszületésében vagy fejlődésében, de éppen e csillagok keletkezéséről meglehetősen foghíjas a tudásunk.

A kis tömegű csillagok keletkezéséhez [1.] hasonlóan nagy tömegű társaik esetében is a következő vázlatos fejlődési utat képzeljük el: egy molekulafelhő

összesűrűsödik, a csillagtojás a környező akkréciós korongból anyagot gyűjtve növekszik, végül az újszülött csillag elektromágneses és részecskesugárzása szétfújja a környező anyagot. Ez a fejlődési séma egyszerűnek tűnik, de számos részletkérdés vár válaszra¹.

Mennyire hasonlít a nagy tömegű csillagok keletkezése a kis tömegűekéhez? Hogyan zajlanak fejlődésük korai szakaszai? Hogyan kapcsolódnak ezek a szakaszok, és mi az egyes kísérő jelenségek jelentősége? Léteznek-e valóban nagy tömegű csillagok körüli akkréciós korongok? Mitől függ, hogy egy molekulafelhőben a kis tömegű csillagok mellett születnek-e nagy tömegűek is? Keletkezhet-e egy OB-csillag magányosan?

A nagy tömegű csillagok keletkezésének kutatásakor a kiindulási pont az újszülött csillagok körül könnyen kimutatható ionizált gáz (*ultrakompakt H II-zóna*) volt. Ezután a figyelem a korábbi fázisra, a forró felhőmagokra terelődött. Újabban nagy szerepet kap a mézerek, a nagy sebességű kifúvások és a halmazok kutatása is. A következőkben mi is ezt a sorrendet követjük.

Kis és nagy tömegű csillagok

A kis és nagy tömegű csillagok tulajdonságait összehasonlítva azonnal nyilvánvaló, milyen gyökeresen különböző hatásuk van a környezetükre: egy O6 típusú, fősorozati csillag tömege $37 M_{\odot}$, effektív hőmérséklete 41 000 K (a Napé 5860 K), sugara tízszerese, térfogata ezerszerese a Napénak. A nagy tömegű csillagok többségének forgási sebessége az egyenlítőnél eléri a 190–200 km/s értéket, vagyis a Nap típusú csillagokon mért hasonló sebesség hússzorosát. A nagy felület és magas hőmérséklet adja azonban a legfontosabb különbséget: egy O6 típusú csillag majdnem egymilliószor több energiát sugároz ki másodpercenként, mint egy Nap típusú (kis tömegű) csillag.

Ez az erőteljes energiakibocsátás az élettartamukra is kihat: míg egy kis tömegű csillag néhány millió évet is eltölt a fősorozat előtti fejlődési szakaszában (gravitációs összehúzódás és a magfúzió stabilizálódása), egy nagy tömegű csillag fejlődésének nincs – a klasszikus értelemben vett – fősorozat előtti szakasza és teljes élettartama mindössze kb. tízmillió év. Keletkezésük is rendkívül gyors: csak pár tízezer–százezer év választja el a nagy tömegű protocsillagokat, forró molekuláris magokat és az ultrakompakt H II-zónákat.

Mivel a nagy tömegű csillagok gyorsan fejlődnek, az újszülött csillagok mélyen be vannak ágyazva azokba a sűrű por- és gázfelhőkbe, amelyekből össze-sűrűsödtek. A nagy mennyiségű por megnehezíti, gyakran lehetetlenné teszi közvetlen megfigyelésüket, mert fényüket gyakran több mint száz magnitúdóval gyengíti.

1. Lásd *A kétmódusú csillagkeletkezés* című hírt ebben a kötetben.

A kutatást nehezíti az is, hogy a nagy tömegű csillagok több ezerszer ritkábbak: a hozzánk legközelebb eső keletkezési tartományuk az Orion-ködben van, 450 parszek távolságban, míg kis tömegű csillagokat szülő felhőket szép számmal találunk 100–200 parszek között is.

Ultrakompakt H II-zónák

A nagy tömegű csillagok — rendkívül magas ($> 20\,000\text{ K}$) effektív hőmérsékletük miatt — elektromágneses sugárzásuk nagy részét nagyenergiájú UV-fotonok formájában bocsátják ki. Ezek energiája meghaladja a hidrogénatom (a spektroszkópiai jelölést követve H I) ionizációs küszöbét (a Lyman-kontinuum kezdetét). Mivel az éppen megszülető OB-csillagokat sűrű gáz és por veszi körül, az ultraibolya fotonok kivétel nélkül elnyelődnek és ionizálják a gázt, valamint elpárologtatják a porszemcséket. Az ionizációs front csaknem a ritka gázban érvényes helyi hangsebességgel (kb. 10 km/s) tágul.

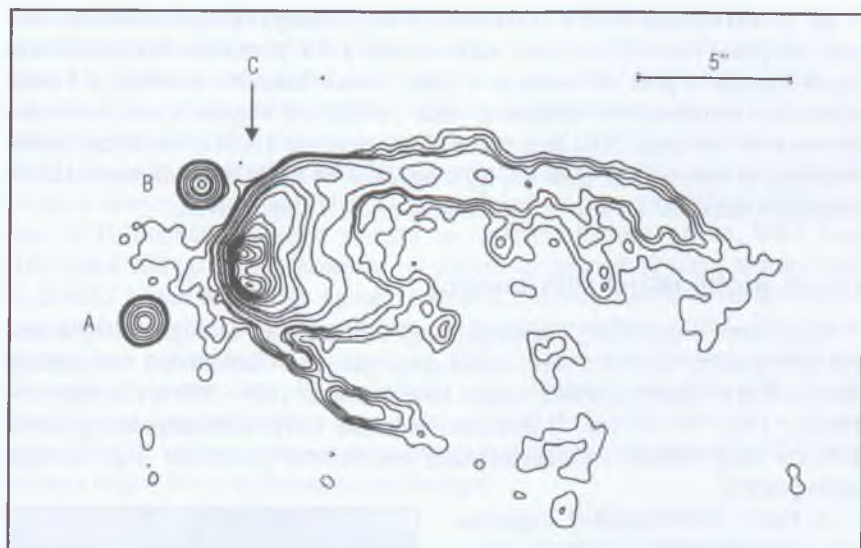
A zóna belsejében szinte kizárólag forró, ionizált hidrogén (H II) marad, mely rendkívül erősen sugároz a centiméteres rádiótartományban. Az így kialakuló ionizált gázt H II-zónának nevezzük; a fiatal, nagy tömegű csillagra jellemzőek a sűrű ($2 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^5\text{ cm}^{-3}$) és kis méretű ($0.005 - 0.1\text{ pc}$ átmérőjű) zónák, melyek ultrakompakt H II-zónákként (UCH II-zóna) ismertek.

A nyolcvanas évek során nagyszámú UCH II-zónát katalogizáltak. Nagy luminositásuk miatt a centiméteres hullámhosszon már az akkori rádiótávcsövekkel is detektálható volt a Tejútrendszer gyakorlatilag összes ultrakompakt H II-zónája. D. WOOD és E. CHURCHWELL felmérése meglepő eredményre vezetett: az UCH II-zónák száma jóval meghaladta a nagy tömegű csillag keletkezésének gyakorisága és a zónák élettartama alapján várt számot. Ez az ellentmondás azóta is a legfontosabb kérdések egyike ezen a területen.

A felmérés alapján össze lehetett állítani a zónák alakját is. A megvizsgált források 20%-a üstökösszerű (fényes mag és kiterjedt, diffúz csóva), 4%-a héj vagy ív alakú, 16%-a mag + haló felépítésű, 17%-uk szabálytalan vagy több sugárzási maximumot mutat, míg 43%-uk gömbszerű vagy felbontatlan. A 4.2. ábra az üstökösszerű és a felbontatlan vagy szférikus UCH II-zónák alakját szemlélteti.

A gerjesztett atomok különböző átmeneteinek színképvonalaiiban végzett mérések lehetővé tették sok UCH II-zóna mozgásának és tágulásának tanulmányozását. Jelenleg számos modell ismert, amelyek többé-kevésbé számot adnak a megfigyelt tulajdonságokról, azonban egyikük sem képes megmagyarázni az összes mérési eredményt.

Több modell született a zónák alakjának, tágulásának és a vártnál hosszabb élettartamának magyarázatára [3.]. A legegyszerűbb a STRÖMGREN által már



4.2. ábra. Egy üstökösszerű (C) és két felbontatlan (A és B) UCH II-zóna a G34.3+0.15 csillagkeletkezési területen

1939-ben leírt (klasszikus) tágulás. E modellben az ionizációs front tágulása addig folytatódik, amíg a front olyan távol kerül az öt gerjesztő csillagtól, ahol az UV-sugárzás okozta ionizációk gyakorisága már éppen megegyezik a ritka gázban bekövetkező spontán rekombinációk gyakoriságával. Ez az ionizációs egyensúly nagyon gyorsan, néhány év alatt beáll. A forró, ionizált plazma nyomása azonban nagyobb, mint a környező hideg gázé, így tovább tágul. Tágulása lökéshullámot kelt a környező hideg gázban és a tágulás mindaddig tart, amíg a forró, de alacsony sűrűségű plazma nyomása le nem csökken a környező hideg, de sűrű gáz nyomására.

Az UCH II-zónák belső mozgásait hivatott megmagyarázni az a modell, amelyik a nagy tömegű csillagok rendkívül erős csillagszelét veszi figyelembe. Egy másik, sokáig népszerű elképzelés szerint az UCH II-zónák tágulása a kibuggyanó pezsgőhöz hasonlít. A környező semleges anyag sűrűségeloszlása szabja meg a zóna alakját: a forró plazma a kevésbé sűrű környező gáz irányába gyorsabban tágul. A fejhullám-modell az üstökösszerű UCH II-zónákra nyújt elegáns magyarázatot: a fiatal, nagy tömegű csillagok szuperszonikus (a környező gázban érvényes helyi hangsebességet meghaladó) sebességgel mozognak az őket körülvevő csillagközi anyagban, így abban csillagszelük olyan szuperszonikus lökéshullámot (fejhullámot) hoz létre, amelyet egy kilőtt puszkagolyó a levegőben.

Az UCH II-zónák tehát a közvetlenül a nagy tömegű csillag felfénylését követő állapotot jelentik, melynek során a csillag 0.1 parszekes környezetében elpárologtatja a port és ionizálja a gázt. Ennek hatására a csillag a közeli infravörös tartományban láthatóvá válik. A VLT-vel végzett spektroszkópiai mérésekből azonban 2001-ben kimutatták, hogy az UCH II-zónákban talált O-csillagok tömege már nem nő, így a figyelem az UCH II-zónák kialakulását megelőző fázis felé fordul, amelyben még zajlik a tömegfelvétel.

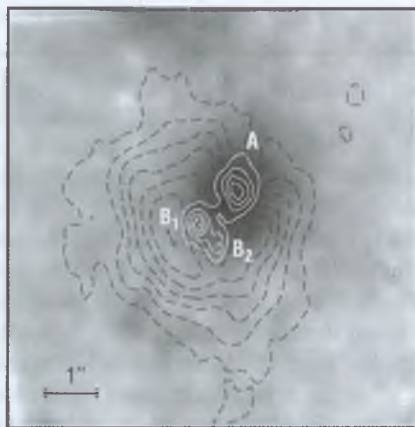
Forró molekuláris felhőmagok

Nagyszámú megfigyelés bizonyítja, hogy a fiatal, nagy tömegű csillagok körül igen gyakran található sűrű, molekuláris gáz [4.]. A különböző molekuláris átmeneteken végzett mérések magas hőmérsékletet (100–250 K) és nagy sűrűséget ($n_{\text{H}_2} \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$) jeleznek. Hasonló forró felhőmagokat gyakran találunk nagy tömegű csillagkeletkezési területeken is, sokszor nagy tömegű csillag nélkül.

A forró felhőmagokkal kapcsolatos legizgalmasabb kérdések, hogy belülről fűtöttek-e (azaz, van-e már bennük nagy tömegű csillagtojás), és mi a fejlődési kapcsolatuk az UCH II-zónákkal. A felhőmagok kis ($< 0.1 \text{ pc}$) mérete miatt a legértékesebb információkat rádió-interferométerek segítségével nyerhetjük róluk.

A forró, sűrű magokban nagy bőrségben találunk sokféle, gyakran igen összetett molekulát is. Az egyes molekulák átmeneteinek hullámhosszán végzett mérésekkel a molekulafelhő különböző sűrűségű részeit vizsgálhatjuk: így lehetőség nyílik a kémiai összetétel, a sűrűség és a hőmérséklet feltérképezésére.

Pillanatnyilag még kevés ilyen objektumot ismerünk alaposan. A továbbiakban a forró felhőmagokra jellemző tulajdonságokat a G10.47+0.03 elnevezésű objektum példáján mutatjuk be. A G10.47+0.03 5.8 kpc távol-



4.3. ábra. A G10.47+0.03 felhőmag és környezete. A háttérben a terület közepes infravörös térképe látható, mely a meleg port mutatja. Csak a legkevésbé beágyazott A komponens közepes infravörös sugárzása jut ki a magból [5.]

2. A rádióforrásokra igen gyakran azok galaktikus koordinátaival utalnak.

ságban található, nagy tömegű csillagkeletkezési tartomány (4.3. ábra). Itt az ionizált plazma rádiósugárzása alapján négy UCH II-zónát azonosítottak, melyek közül három igen közel esik egymáshoz (az ábrán fehér körvonalak, A , B_1 és B_2). Az ammónia vonalán végzett megfigyelések egy sűrű és forró felhőmagot tártak fel (fekete szaggatott vonalak), mely körülveszi a három UCH II-zónát. A komponensek látóirányú sebességét összehasonlítva kitűnik, hogy a három ionizált terület a forró molekuláris mag belsejében található. Az UCH II-zónák vizsgálata alapján az ionizáció forrása három, O9.5 vagy B0 típusú csillag, melyek azonban túl mélyen be vannak ágyazva ahhoz, hogy a $2MASS$ közeli infravörös égboltfelmérés $2.2\ \mu\text{m}$ -es képein láthatóak legyenek. A legfrissebb, $11.7\ \mu\text{m}$ -es közepes-infravörös mérések a $100\text{--}250\ \text{K}$ tartományban azonosították az egyik UCH II-zóna (A komponens) körüli por hőmérsékleti sugárzását. Ez megerősíti azt a feltevést, miszerint a $B1$ és $B2$ komponens jóval mélyebben beágyazott, mint az A . Rövid időn belül a három újszülött OB-csillag sugárzása és csillagszele felbontja és megsemmisíti az őket világra segítő forró molekuláris felhőmagot.

Anyagbefogás és kifúvások

A kis tömegű csillagok esetén számtalan megfigyelés igazolja, hogy a fősorozat előtti szakaszban az anyagfelvétel *anyagbefogási* (akkréciós) korongon keresztül történik. Az anyagbefogási korong szerepe meghatározó: a csillag körüli anyag – nagy perdülete miatt – nem tud közvetlenül a csillag felszínére hullani. Az akkréciós korong segít lefékezni és a csillag felszínére juttatni az anyagot, a perdület-többletet pedig nagy sebességgel kilökődő anyaggal (jó részt kifúvások formájában) vezeti el [1.].

A *kétirányú* (bipoláris) kifúvások a kis tömegű csillagok keletkezésének korai szakaszát jellemzik [1.]. Az elmúlt 15 év során mind erősebb bizonyítékok szólnak amellett, hogy ezek a jelenségek a nagy tömegű csillagok születésénél is megtalálhatók. A kis tömegű csillagok esetén a kifúvások az anyagbefogási korongra merőlegesek, erősen nyáláboltak (nyílásszögük mindössze néhány fok!), sebességük nagy ($50\text{--}100\ \text{km/s}$) és a csillag kialakulásának teljes időszakában legfeljebb néhány M_\odot -nyi gázt visznek el a korongból. A kifúvás maga előtt sodorja és összesűríti a molekuláris gázt, ezért jól követhető az egyszerűbb molekulák rádiótartományba eső hullámhosszain végzett megfigyelésekkel. Bár a kis tömegű csillagok esetén a kifúvások keletkezésének mechanizmusa még vitatott, jellemzőiket jól ismerjük, és minden esetben azt jelzik, hogy a csillagra a befogási korongon keresztül anyag áramlik.

A nagy tömegű csillagok esetén a kép sokkal zavarosabb: a kifúvások által kidobott anyag tömege tíz és több ezer M_\odot között változik, hatalmas

energiájuk és luminozitásuk mellett eltörpülnek a kis tömegű csillagok hasonló jelenségei. Bár a kiáramló gáz sebessége — és így a kifúvások élettartama is — jól egyezik a kis tömegű csillag kilövelléseinek sebességével, a nagy tömegű csillag kifúvásai szabálytalanabbak, kevésbé irányítottak (a kúp nyílásszöge kb. 30°). A 4.4. ábrán néhány tipikus kifúvás térképét mutatjuk be, amiket nagy tömegű csillagok keletkezési területein figyeltek meg.

A kétféle esetben a hasonló sebességek és fejlődési fázisok azonos eredetre utalnak; az irányítottságban, az energiában és a tömegben megmutatkozó nagy eltérések azonban mégis kérdésessé teszik ezt. A kis tömegű csillag keletkezése során a kifúvások az anyagbefogási korong kísérőjelenségei, a nagy tömegű csillag esetén azonban eddig nem sikerült egyértelmű bizonyítékot találni ilyen akkréciós korongok létezésére.

A kutatók tovább keresik ezeket a kifúvásokat, és próbálkoznak a források osztályozásával is. H. BEUTHER mérései megkérdőjelezik azt az eddig elfogadott tényt, hogy a kifúvások mozgási energiája és a szállított tömeg nagysága szoros összefüggést mutatna a forrás luminozitásával.

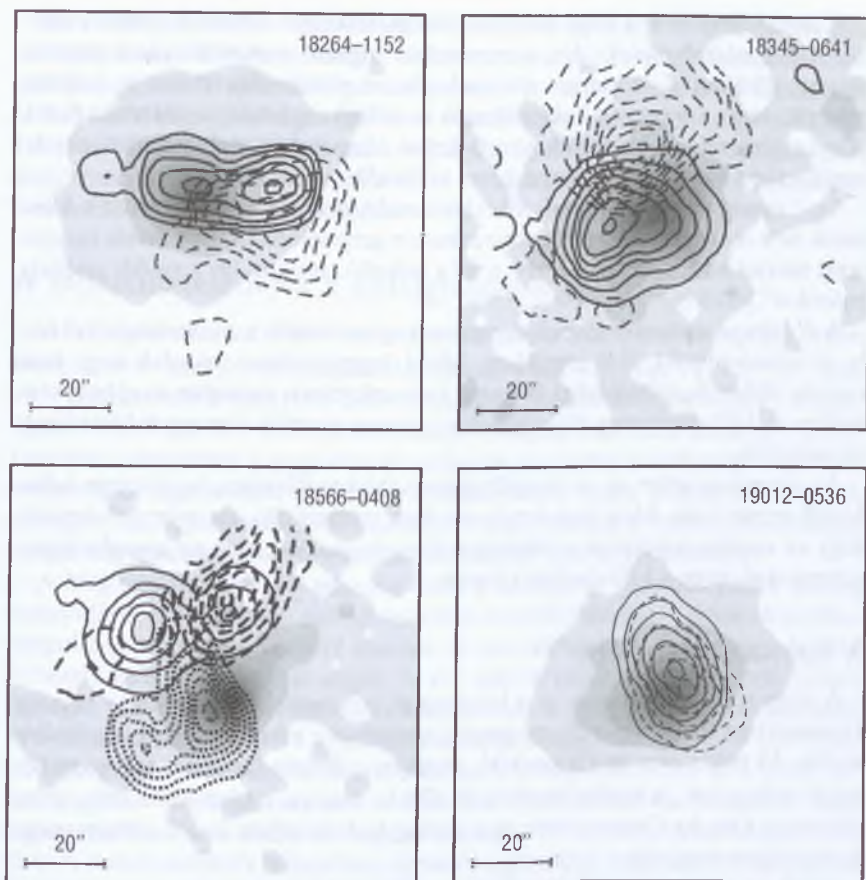
A nagy tömegű csillagok kifúvásainak vizsgálatokor továbbra is gyakran jelent nehézséget, hogy az alacsony irányítottság és a csillagot körülvevő halmaz sűrűsége miatt nehéz megállapítani a kifúvás forrásának helyét, a gázáramlás pontos irányát, sőt olykor még azt is, hogy valóban csak egy kifúvásról van-e szó. Nem ritka, hogy a nagyobb felbontású megfigyelések több, kis tömegű csillaghoz kötődő kifúvástra bontják fel az eredetileg egy nagy tömegű csillaghoz kapcsolni vélt jelenséget.

Mézerek

A csillagközi mézersugárzás közel négy évtizede történt felfedezése óta már világossá vált, hogy három molekulafajta emissziója erős és gyakori az aktív csillagkeletkezési területeken: a vízé, a hidroxilé és a metanolé (H_2O , OH^\cdot , CH_3OH). A mézersugárzás nemcsak fontos ismertetőjele az aktív csillagkeletkezésnek, de lehetőséget nyújt arra is, hogy 10–1000 AU skálán képet alkossunk a területek fizikai jellemzőiről és belső mozgásairól [3.].

A csillagközi anyagból származó mézersugárzásra jellemző, hogy forrásai 10–100 AU méretű halmazokat, íveket alkotnak O7–B3 színképtípusú csillagok vagy forró felhőmagok környezetében. E. CHURCHWELL és munkatársai szerint az újonnan keletkezett O és B csillagok környezete az esetek több mint 60%-ában tartalmaz mézerforrásokat is.

Bár a nagy tömegű csillagok keletkezése és a mézerek kapcsolata még felderítésre vár, jelenleg elfogadott az a kép, amely a vízmézereket vagy anyagbefogási korongokhoz, vagy pedig kifúvásokhoz kapcsolja.



4.4. ábra. Molekuláris kifúvások nagy tömegű csillagok környezetében a CO-molekula $J = 2 - 1$ átmenetén vizsgálva. A területeket az IRAS pontforrás-katalógusbeli számukkal jelöltük. A kék felé tolódott (hosszánk közeledő) gáztömeget a folytonos vonal, míg a vörös felé tolódó anyagot a szaggatott vonal jelzi. A szürke háttérkép az 1.2 mm-es folytonos rádiósugárzás erősségét mutatja. Jól látható, hogy a kifúvások kevésbé irányítottak, és olykor nehéz a kifúvás központjának azonosítása is [6.]

A hidroxilmézereket mindig ultrakompakt H II-zónák környezetében találjuk. G. GARAY kutatócsoportja szerint a hidroxilmézerek pozíciója legtöbbször az ionizált zónára vetül. Értelmezésük szerint a hidroxilsugárzás a gyorsan táguló ionizációs fronton kívülről, az újszülött csillag még sűrűsödő, összeomló környezetéből származik.

A *metanolmézerek* a nagy tömegű csillagkeletkezési területek gyakori kísérői. A különböző molekuláris átmeneteken sugárzó metanolforrások két, világosan elkülönülő csoportot alkotnak. Ez az elkülönülés abban is megmutatkozik, hogy a mézerek hol találhatóak a csillagkeletkezési területeken belül. Mivel eltérő relatív helyzetük eltérő fizikai állapotokra utal, más-más objektumtípushoz és fejlődési állapotokhoz köthetők.

Az *I. típusú metanolmézerek* lökéshullámokhoz kapcsolódnak, tehát a kifúvás és a semleges anyag kölcsönhatásakor gerjesztődnek. Egy másik magyarázat szerint az *I. típusú mézerek* a még behulló anyagot, így a valódi „csillagtojásokat” jelzik.

A *II. típusú metanolmézerek* szorosan kapcsolódnak a hidroxilmézerekhez és az ultrakompakt H II-zónákhoz. Mivel leggyakrabban vonalak vagy ívek mentén láthatók, jelenlétüket NORRIS és munkatársai elemzése alapján lökéshullámok, kifúvások vagy élükről látható protoplanetáris korongok kísérőinek tekinthetjük.

Az *ammóniamézer* az aktív csillagkeletkezési területeken legújabbban felfedezett mézertípus. Még csak kevés esetben mutatták ki, de már nyilvánvaló, hogy az ammóniamézerek a vízmézerekhez hasonlóan vagy az anyagbefogási korongokat, vagy a kifúvásokat követik.

A halmazok szerepe

A nagy tömegű csillagok — a kis tömegű csillagokkal ellentétben — mindig halmazokban fordulnak elő, mégpedig legtöbbször a halmaz belső, legsűrűbb részén. Jó példa erre az Orion-köd, melyben a Trapéz tartalmazza a nagy tömegű csillagokat. A legfényesebb a θ^1 Ori C, amelynek tömege $33 M_{\odot}$, színképtípusa O6. Az Orion-ködot ez a csillag és a Trapézon belüli néhány nagy tömegű társa ionizálja.

Mivel az Orion-köd viszonylag közel van, infravörös megfigyelésekből képet kaphatunk a kis tömegű csillagok számáról is. A Trapéz maga is egy sűrű halmaz közepén található, melyet nagyszámú beágyazott, kis tömegű csillag alkot. Ezen csillagoknak durván a fele látható az optikai tartományban, azonban közeli infravörös felvételeken több mint 3000 halmaztagot azonosítottak. A csillagsűrűség a halmaz közepén, a Trapéz körül $10\,000$ csillag/ pc^3 értékkel tetőzik (a Nap környezetében a csillagsűrűség 1 csillag/ pc^3). Az Orion-köd halmazában azonban nem számít szélsőséges esetnek: a Carina spirálkarban van az NGC 3603 H II-zóna, amelynek a közepében hat darab $50 M_{\odot}$ -nál is nagyobb tömegű csillag található 0.03 pc^3 térfogatban. A 4.1. ábra a 30 Doradust mutatja be, ahol heves csillagkeletkezés zajlik. Az ábrán jól látható a halmaz sűrűsége, valamint a nagy tömegű csillagok központi helyzete.

Hosszabb idő alatt – gravitációs kölcsönhatások miatt – a nagy tömegű csillagok lassan a halmaz közepe felé vándorolnak. L. HILLENBRAND vizsgálata alapján a Trapéz csillagai azonban túl fiatalok ahhoz, hogy keletkezési helyüktől nagy távolságra juthattak volna. Ezért feltehető, hogy a Trapéz (és más OB-csillagok is) halmazuk legbelső, legsűrűbb részein keletkeznek. A nagy tömegű csillagok kialakulása tehát valamiképpen összefügg a halmazokban betöltött központi szerepükkel.

A molekulafelhőktől a csillagtojásokig

A csillagkeletkezést időben visszafelé követve a csillagközi anyag legsűrűbb komponensét alkotó *molekulafelhőkig* jutunk. Ezek sűrűsége $10^3 \text{ H}_2/\text{cm}^3$, ami 10–1000-szerese a környező diffúz anyagnak; hőmérsékletük viszont alacsonyabb, mindössze 10–30 K. A kis tömegű csillagok többnyire magányos keletkezésével ellentétben a nagy tömegű csillagok csoportos keletkezése nagymértékben a csillagtojásokat körülvevő molekulafelhő fizikai állapotától függ. A csillagok, csillaghalmazok keletkezésének megértéséhez a molekulafelhőkben lezajló folyamatokat, illetve a felhők szerkezetét kell megismernünk.

A Nap tejútrendszerbeli pályáján belül a csillagközi gáz tömegének 50%-a molekuláris, és különböző méretű felhőkbe koncentrálódik – tehát nem elhanyagolható anyagmennyiségről van szó. A molekulafelhők tömegének $\sim 1\%$ -át teszik ki a főleg szilikát alapú, $\sim 0.1 \mu\text{m}$ -es porszemcsék. A por fontos szerepet játszik a gáz molekuláris állapotában: a nagyobb részecskesűrűség kedvez a porrészecskék és a hidrogénatomok találkozásának, és a por felületén képződött molekulák védettebbek az UV-sugárzás ellen, ami ismét alkotóelemeire hasíthatná azokat. A molekulafelhők stabilitása arra utal, hogy környezetükkel – a diffúz csillagközi anyaggal – nyomásegyensúlyban vannak. A molekulafelhők belsejében egyszerű egyensúlyi állapotot feltételezve a külső nyomás határozza meg a felhő átlagos sűrűségét és méretét.

A molekuláris anyag túlnyomó része *óriás molekulafelhőkbe* koncentrálódik, amelyek a Tejútrendszer spirálkarjaiban helyezkednek el. Tömegük 10^5 – $10^{6.5} M_\odot$ közötti. Logaritmikus skálán ábrázolva az adott tömegű felhők számát a tömeg függvényében (tömegspektrum) egyenest kapunk, amelynek meredeksége közel -1.6 . Ez az érték általánosnak tűnik, mert a közeli galaxisokban hasonló tapasztalunk. A heves csillagkeletkezésről ismert *csillagontó galaxisokban* (például a *Csápok* galaxisban) – ugyancsak ezt az értéket kapjuk, bár ezekben sokkal nagyobb tömegű felhők is találhatók, mint a Tejútrendszerben. Ha a tömegspektrum meredekebb lenne (meredekség < -2 , mint a csillagok esetében), akkor a csillagkeletkezéshez szükséges gáz túlnyomó része kis tömegű molekulafelhőkbe tömörülne. Ez a nagy tömegű csillagok

keletkezésének is határt szabna, hiszen OB-csillagok kizárólag óriás molekulafelhőkben keletkeznek. Feltételezhető, hogy a csillagközi anyag eloszlását, a különböző méretű felhők kialakulását turbulens áramlások eredményezik.

Az egyes molekulafelhőket nagyobb térbeli felbontással vizsgálva szálak szerkezet tárul elénk, amely nagyon hasonlít a földi légkörben ismert cirrusfelhőkéhez. A szálak hossza 3-tól 300 pc-ig terjed, vastagságuk pedig 0.3–3 pc. Tovább növelve a felbontást, a szálak legsűrűbb részein csomósodásokat fedezünk fel, amelyek jellemző mérete ~ 0.5 pc, tömegük pedig 1 és $3000 M_{\odot}$ között van, $\sim 550 M_{\odot}$ átlagos értékkel. Ezekre a csomósodásokra a tömegspektrum meredeksége közelítőleg -1.7 , ami fontos eredmény: a felhők tömegspektruma hasonló a csomósodásokéhoz. Ez hasonló keletkezési mechanizmusra utal, vagyis a csomósodások is a csillagközi anyagban jelenlévő turbulens áramlások következményei, csak jóval kisebb térbeli skálán. B. ELMEGREEN, E. FALGARONE és J. SCALO munkásságából ismerjük a felhők és a diffúz anyag hierarchikus, de folytonosan önhasároló, *fraktálszerű* szerkezetének leírását, amely néhány tized parszektól kiloparszekes n éretéig, 4–5 nagyságrendet átfogva modellezi a csillagközi anyag szerkezetét. Az egyes szerkezeti elemek: felhők, filamentumok, csomósodások létét Scalo azal magyarázza, hogy a strukturált, de folytonos alakzatokban az emberi elme körülhatárolható területeket keres.

De valójában milyen csomósodásokban jönnek létre kis és nagy tömegű csillagok? Miért aktívabb a csillagkeletkezés a nagy tömegű felhőkben? Egyáltalán hogyan darabolódnak szét és sűrűsödnek csillagokká a csomósodások, és a felhő tömegének hányad része alakul csillagokká?

Egy óriás molekulafelhő tömegének mindössze egy ezrelékét teszik ki a jellemző tömegértéknél nagyobb csomósodások, a térfogathányaduk pedig szinte elhanyagolható. Nagy tömegű csillagokat és halmazokat csak a legnagyobb tömegű csomósodásokban figyelhetünk meg, ami megmagyarázza a nagy tömegű csillagok kis számát, illetve a nagy tömegű csillagokat tartalmazó halmazok nagy sűrűségét. A *csillagkeletkezési hatásfok* (a keletkezett csillagok tömegének és a felhő kezdeti tömegének hányadosa) az egyes csomósodásokban szintén a tömegtől függ: az Orion-köd halmazára esetében pl. a 8 és $500 M_{\odot}$ közötti csomósodásokban ez az érték 40%, míg az egész felhőben ($M_{\text{össz.}} = 3 \cdot 10^5 M_{\odot}$) mindössze 0.3%.

A csomósodások nagy tömege szükséges, de nem elégséges feltétele a nagy tömegű csillagok keletkezésnek. Megfigyelésekből ismert, hogy például a *Taurus molekulafelhőben* $\sim 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ -nél kisebb oszlopsűrűségű³ csomósodásokban nem keletkeznek csillagok. Ennél nagyobb oszlopsűrűségű csomósodások

3. Látóirányunkban a csomósodás teljes térfogatán áthaladó, egy cm^2 alapterületű hasáb belsejében található részecskék száma.

azonban kis tömegű felhőkben ritkán fordulnak elő. A kis tömegű felhőkben tehát ezért alacsonyabb a csillagkeletkezési hatások. A csomósodások feldarabolódása (fragmentáció), a gravitáció által stabilan összetartott (kötött) felhőmagok kialakulása erősen függ a sűrűségtől, csillagtojások pedig csak a sűrű ($\sim 10^6 \text{ H}_2 / \text{cm}^3$), gravitációsan kötött, közel hidrosztatikus egyensúlyban lévő felhőmagokban jöhetnek létre.

Egy gázcsomó térfogatát a gravitáció csökkenti, a belső nyomás növelni igyekszik. Ha a gázcsomó tömege meghaladja a *Jeans-tömeget*, akkor a gravitáció hatása lesz az erősebb, és bekövetkezik a gravitációs összeomlás (kollapszus). Adott hőmérsékletnél a Jeans-tömeg a sűrűség növekedésével csökken, azaz egy kisebb tömegű de sűrűbb gázcsomó is instabillá válhat a csomósodás összehúzódását eredményezve. Ez a tömeghatár a nagy tömegű csillagokat formáló csomósodások tipikus paraméterei mellett ($n_{\text{H}_2} \sim 3 \cdot 10^5$, $T \sim 10 \text{ K}$) csupán $\sim 1 M_\odot$, vagyis jelentősen kisebb, mint az OB-csillagok tömege. Ez azt jelzi, hogy a kialakuló csomósodásokban a gravitáción kívül egyéb fizikai hatások is szerepet játszanak. Elsősorban az ammóniamolekula vonalaiban végzett megfigyelések szerint a sűrű, nagy tömegű csomósodásokban a gáz mozgása turbulens és általában szuperszonikus. Újabb, magneto-hidrodinamikai modellek a csomósodásokban lévő gázáramlást a turbulens, mágneses és gravitációs erők együttes hatásával írják le.

A turbulens, önhasonló struktúrájú csillagközi anyag legkisebb építőelemeinek, a felhőmagoknak tömegspektruma -2.3 körüli meredekségű. A legfiatalabb, beágyazott csillagok eloszlása jól követi a felhőmagok eloszlását. Ezeknek a csillagoknak még nem volt elég idejük szülőhelyükről elvándorolni, így lehetőséget adnak a felhőmagokkal való kapcsolatuk mélyebb feltárásához. A felhőmagok és a fiatal beágyazott csillagok tömegspektruma megegyezik, a magok többsége tehát gravitációsan kötött, és előbb-utóbb csillagtozás születik bennük. A nagy tömegű csillagok korai fázisát jellemző heves kiáramlások miatt a magok tömegének csak hozzávetőlegesen fele alakul csillaggá, ez a tömegspektrumok hasonlóságán azonban nem változtat.

Összeolvadás vagy anyagbefogás?

A kis tömegű csillagok keletkezéséhez nélkülözhetetlen anyagbefogási korong „felnagyításával” komoly problémák adódnak. Ha a keletkező csillag fényereje a 10^4 -szerese a napénak ($10 M_\odot$, B1.5 színektípus), a csillag sugárzása egyszerűen visszafújja a gömbszimmetrikusan bezuhanó anyagot. Bár ez a határ a legegyszerűbb akkréciós modellekből adódik, a probléma megmarad bonyolultabb leírás esetén is. A nagy tömegű csillagok keletkezésének ez a központi kérdése továbbra is megválaszolatlan. Kétféle megoldás kínálkozik:

a nagy tömegű csillagok keletkezése során is anyagbefogás történik, de valahogyan sikerül kibúvót találni a sugárnyomás problémája alól, vagy a folyamat kisebb tömegű csillagok összeolvadásával zajlik le.

Az akkréció „megmentésére” két különböző mód jön szóba: J. JIJINA és F. C. ADAMS realizistikusabb számolásai anyagbefogási korongok esetén a sugárnyomás hatását enyhébbnek találták, másrészt M. G. WOLFIRE és J. P. CASSINELLI megmutatta, hogy a nagyon nagy erősségű ($> 10^{-3} \mathcal{M}_{\odot}/\text{év}$) akkréciós áramlás át tud törni a sugárnyomás korlátain is.

Az anyagbefogási modell felváltására 1999-ben S. W. STAHLER és munkatársai felvetették, hogy sűrű halmazok belsejében kisebb tömegű csillagok összeolvadásával is keletkezhetnek OB-csillagok. Mivel a már kialakult csillagok ütközésének valószínűsége (átmérőjük és átlagos távolságuk alapján megbecsülve) elhanyagolhatóan kicsi, az összeolvadás csak a még sűrű por- és gázburokba ágyazott csillagok vagy csillagtojások esetén képzelhető el. A modell életképességét támasztják alá I. A. BONNELL soktest-szimulációi is, sok csillagász azonban idegenkedik az összeolvadás ötletétől.

Pillanatnyilag sem az anyagbefogást, sem az összeolvadást nem igazolja közvetlen megfigyelés. Közvetett bizonyítékok azonban szép számmal akadnak mindkét elmélet mellett és ellen is.

Az akkréciós modellt alátámasztandó számos kutató próbál anyagbefogási korongot azonosítani a legfiatalabb nagy tömegű csillagok körül. Bár több objektum esetén sikerült sűrű, koronghoz hasonló struktúrákat felfedezni, mind ez idáig nincs igazán meggyőző megfigyelés. Sok esetben sikerült mézereket és kifúvásokat azonosítani forró felhőmagok és UCH II-zónák környezetében is, amelyek — kis tömegű csillagkeletkezés esetén — az anyagbefogás és a korong velejárói.

Az a tény, hogy az OB-csillagok mindig a halmazok legbelsőbb, legsűrűbb részében találhatóak, természetes magyarázatra lel az összeolvadásos modell elfogadásával. B. GARCÍA, J. C. MERMILLIOD és mások méréseiből kitűnik, hogy az OB-csillagok között rendkívül magas a spektroszkópai kettősök száma. Ez szintén az összeolvadást támogatja, hiszen ilyen kettősök kialakulásához nagy térbeli csillagsűrűség szükséges.

Perspektívák

A csillagászati műszerek rendkívül gyors fejlődése a csillagkeletkezés iránt érdeklődők számára is nagyon izgalmassá teszi a következő évtizedet. Röviden ízelítőt adunk néhány jelenleg folyó kutatási programból.

Bár az *ESO Very Large Telescope* egységei csak nemrég kezdtek üzemelni, máris fontos eredmények születtek. A legismertebbek talán az Antura szerelt

ISAAC-detektor eredményei. Ez az érzékeny, nagy látómezejű kamera kiválóan alkalmas az erős fényelnyelést mutató csillagkeletkezési területek spektroszkópiai és képalkotásos vizsgálatára. Az egyik program során nagy felbontású spektrumok készültek az UCH II-zónák központi csillagairól anyagbefogás jeleinek kimutatására. E mérések folytatásaként (e cikk kéziratának leadása után) a szerzők egyike újra felveszi az UCH II-zónabeli O-csillagok színképét. A két mérés között esetleg kimutatható színképvonal-eltolódások szoros kettőscsillagok jelenlétére utalhatnak. Amennyiben a legfiatalabb O-csillagok jelentős része kettős vagy többszörös rendszer tagja volna, az erős bizonyíték lenne az összeolvadási elmélet mellett. Az ISAAC-kal készített más felvételeken az egyes csillagkeletkezési területek csillagpopulációját hasonlítják össze annak eldöntésére, hogy a különböző tömegű csillagok relatív gyakorisága hasonló-e, vagy halmazról halmazra változik.

A 2002-től működő *NAOS/CONICA* rendkívül érzékeny közeli-infravörös kamera⁴, mely — a Hubble-űrtávcsövet is meghaladó térbeli felbontásával — a fiatal csillagok közvetlen környezetéről fog minden eddiginél részletesebb képeket készíteni.

A hawaii *James Clerk Maxwell* szubmilliméteres távcsővel több csoport is készít részletes tömegeloszlás-térképeket a nagy tömegű csillagok szülőhelyeül szolgáló molekulafelhők csomós szerkezetéről. Ezek a mérések választ adnak arra, hogy a molekulafelhőkön belül található kezdeti csomósodások tömegspektruma megegyezik-e a csillagok tömegspektrumával.

Az új-mexikói *Very Large Array* interferométer segítségével intenzíven keresik a nagy tömegű csillagtojás-jelöltek körüli korongokat.

Nem csak óriástávcsövekkel lehet versenyképes munkát végezni. Ezt bizonyítja a *Calar Alto-i 3.5 méteres távcső* adaptív optikájának sikere is: sok nagy tömegű csillagkeletkezési területről készült 0''.15-es felbontású közeli-infravörös térkép, amelynek alapján osztályozni lehet az északi éggömb UCH II-zónáinak központi objektumait.

Még nagyon egzotikusnak számít a csillagontó galaxisokban zajló tömeges csillagkeletkezés vizsgálata. Ezek a kezdeti vizsgálatok megdöbentően nagy csillagsűrűségekről számolnak be: több ezer OB-csillag csoportosulásait azonosították néhány köbparszeken belül. Ez a csillagkeletkezés erősen különbözik a Tejútrendszerben folyó lassú csillagképződéstől.

Az elkövetkező évek talán legnagyobb csillagászati terve az Atacama sívatonban felépülő rádió-interferométer, az *ALMA*. A milliméteres hullámhosszon működő 64 antenna páratlan felbontása és érzékenysége folytán az ALMA fel tudja majd térképezni a por- és gázfelhők mélyén megbúvó csillagtojások anyagbefogási korongjait, a korongok tömegeloszlását és belső

4. Lásd *A VLT technikai újdonságai* című hírt.

mozgásait, valamint az anyagbefogás sebességét is. A nagy szögfelbontás lehetővé teszi az UCH II-zónák és a forró molekuláris felhőmagok belsejének részletes vizsgálatát is.

Nagy érzékenyséjük és a Földről nehezen elérhető hullámhossztartományuk miatt az űrtávcsövekre (*SIRTF*, *Herschel*, *NGST*) is komoly szerep vár a csillagkeletkezés kezdeti szakaszainak megértésében.

Irodalom

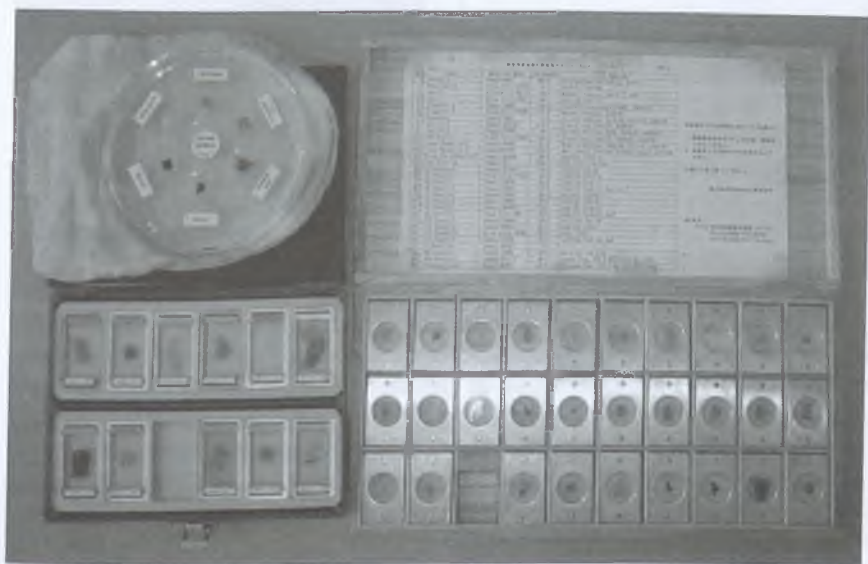
- [1.] APAI D.–DOMSA I.–MOÓR A.: A csillagkeletkezés Szent Grálja, *Meteor csillagászati évkönyv 2001*.
- [2.] GAUME, R. A.–CLAUSSEN, M. J.: *Astrophysical Journal*, 1990, **351**, 538. o.
- [3.] GARAY, G.–LIZANO, S.: *PASP*, 1999, **111**, 1049. o.
- [4.] KURTZ, S. ET AL.: *Protostars and Planets IV*, szerk.: MANNINGS, V.–BOSS, A. P.–RUSSELL, S. S., University of Arizona Press, Tucson, 2000.
- [5.] PASCUCCI, I. ET AL.: *Astronomy and Astrophysics*, 2002, megjelenés alatt.
- [6.] BEUTHER, H. ET AL.: *Astronomy and Astrophysics*, 2002, **383**, 892. o.

Bérczi Szaniszló

Kis égitestek anyagának fejlődése

Bevezetés

Földünk fejlődéstörténetét évszázadok óta vizsgálják. A földtan (geológia) az a tudományág, mely a Föld anyagának fejlődéstörténetét kutatja és leírja. A földtan a Föld felszínén és a felszín közelében található kőzettestek tanulmányozása útján jutott el következtetéseihez. Adatait a kőzettestek nagyléptékű térképezésével, valamint a kőzettestekből vett minták mikroszkópi, majd egyre részletesebb anyagszerkezeti vizsgálataival gyűjtötte össze. Legnagyobbbrészt a földtan tudományából ágazott el a 20. század második felében a *planetológia*, mely a Nap körül keringő égitestek vizsgálatára alkalmazza a földtudományok módszereit és ismereteit.



5.1. ábra. A Japán Nemzeti Sarkkutató Intézet (NIPR) Antarktisi Meteorit Vékonysíszolat Gyűjteménye (jobbra). Mellette balra a NASA holdközvet-mintái

Ebben a tanulmányban a Földnél kisebb égitestek anyagának vizsgálatával foglalkozunk. Végigkövetjük egy 100–300 km átmérőjű kisbolygó fejlődéstörténetét, ami olyan eseményeket is tartalmaz, amelyek nem ismerhetők meg a Föld történetéből. A kisbolygó a Naprendszer ősi anyagából jött létre, és nagyrészt meg is tudta őrizni ezeket anyagokat, mert kis mérete folytán rövid ideig tartott benne az a fölmelegedés, amit a rövid felezési idejű radioaktív elemek bomlása okozott. A rövid fölmelegedés alatt azonban égitestünk olyan fejlődési állomásokon ment végig, amelyek előbb fokozatosan átalakították, majd kismértékben szét is válogatták és sűrűségük szerint övekre tagolták az ősi szilárd anyagegyüttest. A még kisebb égitestek nem jutottak el a belső fölmelegedés és átalakulás állapotáig, ezért teljesen megőrizték az ősi anyagösszetételt.

Ebben a cikkben két fontos anyagminta-gyűjteményre hivatkozunk. Ezeken dolgozik űrkutató csoportunk¹. Az egyik a *NIPR* (Japán Nemzeti Sarkkutató Intézet) *Antarktiszi Meteorit Vékonycsiszolat Gyűjteménye*, a másik a *NASA Antarktiszi Meteorit Mintagyűjteménye* (5.1. ábra). A meteoritkutatók számára ma ezek a legkönnyebben kölcsönözhető mintagyűjtemények.

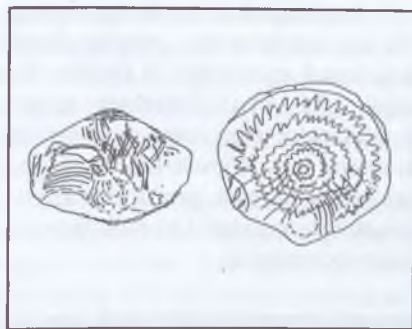
A meteoritokról általában

A meteoritok többsége kicsiny égitestek törmeléke. Kozmikus események, becsapódások, ütközések szakították ki őket az anyaégitestből, ezután hosszabb ideig önálló naprendszerbeli pályán keringtek, mielőtt összeütköztek a Földdel. A szülő égitestek általában néhányszor 10–100 km átmérőjű kisbolygók, melyek fejlődéstörténetének főbb folyamatai mozaikként összerakhatók a meteoritok anyagának vizsgálatából. Amikor tehát a meteoritokat tanulmányozzuk, a szülő égitestek anyagátalakulásainak egy-egy fázisáról kapunk „pillanatfelvételt”.

A meteoritokat anyaguk szerint három fő típusba sorolják: *kő-*, *kő–vas-* és *vasmeteoritok* (11. és 14. kép a színes mellékletben). A kőmeteoritok további két csoportra bonthatók, *kondritokra* és *akondritokra*. Az ismert meteoritok 85%-a kondritos típusú. Közöttük az igen ősinek tartott szenes kondritok néhány százalékat tesznek ki, mert könnyen málló, elmorzsolódó anyagúak, és lehullásukkor többségük apró darabokra töredezik. Szenes kondrit a Magyarországon hullott *kabai meteorit* is, amely magán viseli a légkörön való áthaladás, fölmelegedés, felszíni olvadás nyomait. Felülete olvadáksugarakkal lesimított, sugarasan-kúposan mintázott (5.2. ábra).

1. ELTE Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportja.

A meteoritok anyaga két fő hőtörténeti időszak átalakulásait őrzi. Az első fölmelegedési és lehülési szakasz a Naprendszer keletkezésekor zajlott le. A Nap körül ekkor alakultak ki az ásványi anyagok, öves elrendeződésben: a Naphoz közelebb a magasabb hőmérsékleten keletkezők, távolabb az alacsonyabb hőmérsékleten kialakulóak. A második fölmelegedés már a kis égitestek összeállása után, azok belsejében zajlott le. Az emelkedő hőmérséklet hatására az égitest ásványi anyagai először átkristályosodtak. Ennek egyik speciális esete, amikor az átkristályosodás víz jelenlétében történt. A későbbi szakaszban a tovább emelkedő hőmérséklet hatására az ásványok megolvadtak, a nagyobb sűrűségűek lefelé, a kisebb sűrűségűek felfelé vándoroltak, és a kis égitest anyaga öves szerkezetűvé vált.



5.2. ábra. A kabai meteorit 1857. április 15-én hullott le a Hajdú vármegyei Kaba község határában, ma a Debreceni Református Kollégiumban őrzik. Tömege csaknem 3 kg, típusa szenes kondrit. Felülete a légkörben haladva felizzott és megolvadt, a körülötte áramló levegő sajátságos mintázatot alakított ki ebben az olvadékban (jobbra a szerző rajza)

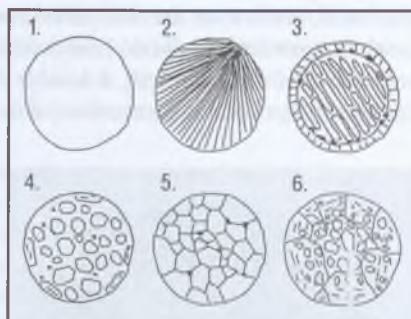
A kondritok

A kondritos anyag szerkezete

A kondritok vékonycsiszolatának mikroszkópi képén kirajzolódó szerkezet, a geológiában használatos kifejezéssel a kondrit *szöve* két fő összetevőből áll: *kondrumokból* és a *mátrixból*. A kondrumok (a görög kondrum szó magot jelent) tizedmilliméterestől a centiméteres méretig terjedő nagyságú kicsiny ásványgömbök. Ezek a mátrix (alapanyag, hordozó) anyagába vannak beágyazva. A mátrix finom szemcsés, alacsony hőmérsékleten keletkezett ásványokból áll, a kondrumok és a kisebb mennyiségben jelen lévő *fehér zárványok* (CAI)

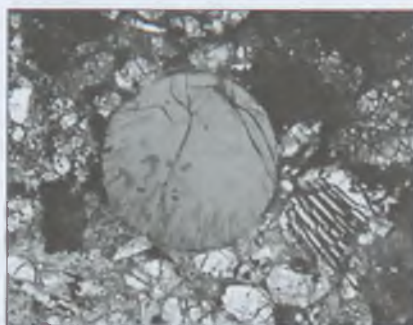
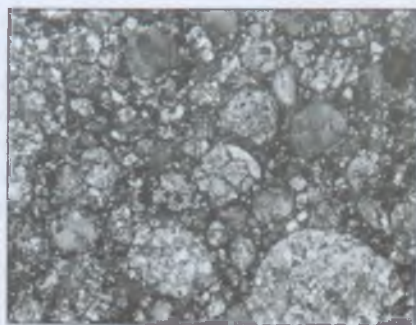
magas olvadáspontú anyagok. A kétféle keletkezési hőmérsékletű ásványi összetevő egymás mellett található, anyaguk kémiailag nem keveredett. Ez azt jelzi, hogy az anyaégitestnek az a része, ahonnan a kondritos meteorit anyaga kiszakadt, sohasem melegedett fel a kondritszemcsék olvadáspontjáig. Ilyen felmelegedés esetén ugyanis a kondritos anyag teljes egészében megolvadt volna, a kondriumok és a mátrix ásványi anyaga kémiailag homogenizálódott volna. A kondritok anyaga tehát a Naprendszer születése körüli idők különféle eredetű anyagaiból összetapadt, ősi kőzet, amit a kormeghatározásokból kapott 4.5 milliárd év körüli értékek is alátámasztanak.

A kondriumokat a mikroszkópban vékonycsiszolatokon megfigyelhető mintázatuk szerint hat fő típusba sorolják (5.3. ábra). Lehetnek szöveti mintázatot nem, vagy alig mutató üvegesek vagy kriptokristályosak, sugarasak, lemezesek, porfírosak, szemcsésék (granulárisak) és poikilites piroxén kondriumok.



5.3. ábra. A kondriumok hat fő típusa:

1. üveges, 2. sugaras, 3. lemezes,
4. porfíros, 5. szemcsés, 6. poikilites



5.4. ábra. Balra egy kondritos meteorit anyagának vékonycsiszolati képe, jobbra egy üveges típusú kondrium látható

A kondriumok a Naprendszer poranyagának első felmelegedése után lehűlt szilikátolvadék cseppekből keletkeztek. Az olvadék összetétele és a lehűlés sebessége is változott a Naptól való távolság függvényében. A különféle kondrittípusokban mind a hatféle kondrium előfordul, de arányuk típusonként különböző.

Kondrittípusok

A kondrittípusokat ásványtani és kémiai tulajdonságaik alapján osztályozták. A kőmeteoritok ásványai leginkább a magmás kőzetek ásványaival rokoníthatók, a kondritok ásványai pedig a földi köpenyt alkotó olivinnel és alacsony kalciumtartalmú piroxénnal. E két fő ásványi összetevő mennyisége alapján készült a századelőn a *Rose–Prior*-, majd a kémiai összetételi mérésekkel kiegészített *Urey–Craig*- és a *Wiik–Mason*-osztályozás.

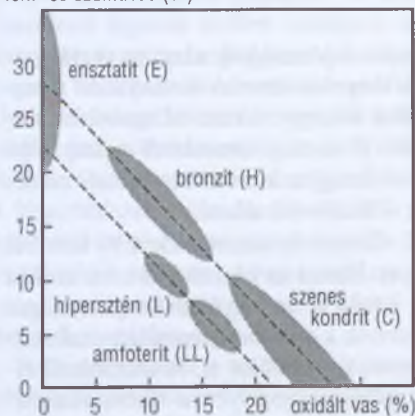
1953-ban tette közzé H. C. UREY és H. CRAIG az akkor ismert 90 kondrit kémiai összetételének vizsgálati eredményét. Ebből az összefoglaló munkából az a diagram vált fontos anyagtérképpé, amely a vasvegyületek mennyiségét ábrázolja. A kondritok (egyes szenes kondritok kivételével) mindig tartalmaznak fémes összetevőt, vas-nikkel ötvözetet és vasszulfidot is. A szerzőkről elnevezett *Urey–Craig*-diagram (UCD) függőleges tengelyén a fémes állapotban, illetve vasszulfid formájában jelen levő vas mennyiségét, a vízszintes tengelyén pedig az oxidált vas mennyiségét ábrázolták (5.5. ábra). A diagramra fölvitt pontok két tartományra különülnek el. Ezeket a szerzők nagy (*H*) és kicsi (*L*) vastartalmú tartománynak nevezték el.

Három évvel később, 1956-ban, H. B. WIIK finn geokémikus 30 kondritos meteorit összetételének nagyon pontos meghatározása alapján azt találta, hogy a *H* és az *L* típusok az UCD-n két egyenesre esnek. A *H* típusú meteoritokban 27 tömegszázalék, az *L* típusúakban pedig 21% az összes vastartalom. Sok vizsgált meteorit azonban nagy széntartalmú, szenes kondrit volt. Wiik nem sorolta be őket a *H* csoportba, hanem létrehozta számukra az új *C* típust, sőt azon belül is három részcsoporthot különített el az illóelem-tartalom szerint. Később K. FREDRICKSSON és K. KEIL az *L* csoporttól különválasztotta a kissé alacsonyabb fémvastartalmú *LL* csoportot és definiálták az *E* (ensztatitos piroxénű) csoportot is.

Ezek alapján a 60-as években már öt nagy kondritcsoportot különítettek el: az *ensztatit* kondritokat (*E*), az *olivin-bronzit* (*H*), az *olivin-hipersztén* (*L*), az *amfoterit* (*LL*) kondritokat, valamint a *szenes kondritokat* (*C*, ezen belül csökkenő illóelem-tartalom alapján *C–I*., *C–II*. és *C–III*.). A típusok megjelölésére általában a zárójelben álló betűrövidítés használatos. Az *ensztatit*, a *bronzit*, a *hipersztén* és az *amfoterit* a piroxén változatai, melyek különböző arányban tartalmaznak magnézium és vas összetevőt.

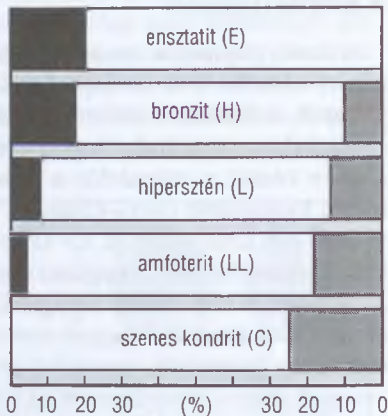
Az 1960-as években megindult holdkutatás föllendítette a meteoritikát is. 1967-re összegződött a kondritos fejlődés vizsgálatának eredménye. W. R. VAN SCHMUS és J. A. WOOD a kondritokat olyan kétdimenziós táblázatba rendezte, amely már a második termikus átalakulási időszak hatásait is figyelembe vette. Ebben az osztályozásban a típus betűjeléhez a termikus átalakulás mértékére utaló számjegy társul (5.7. ábra).

fém- és szulfidvas (%)



fémvas

oxidált vas



5.5. ábra. A kondritok osztályozását megalapozó Urey – Craig-diagram (balra) és a fő kondrittípusok jellemző összetétele (jobbra)

A kondritos anyagok keletkezése

A Naprendszerrel évezredekken keresztül csak a csillagászat kutatási eredményei szolgáltattak ismereteket. A 20. században azonban a kőzettan és a geológia felől is egyre több tudás gyűlt össze a Naprendszer anyagáról. Ez kezdetben főleg a meteoritok vizsgálatára korlátozódott, de az űrkutatás lehetővé tette más égitestek felszínének közelről való tanulmányozását, sőt néhány esetben a szilárd felszíni égitestekre simán leszállt űrszondák helyszíni geológiai méréseket is végeztek. A Naprendszer kutatása tehát ma már több tudományág határterülete.

A Naprendszer keletkezésére kidolgozott kémiai modellekben jól le lehet vezetni a kondritos meteoritok ásványainak kialakulását. A Naprendszer születése során a csillaggá összehúzó kozmikus por- és gázköd fölmelegedett, központi forró tartományai létrehozták a Napot, a körülötte keringő anyagban pedig létrejöttek a Naprendszer ásványai, melyekből az ütközések során nagyobb égitestek álltak össze.

A Nap körül megmaradt gáz- és poranyagot kétféle erő csomósította nagyobb testekké. Az egyik erő, mely elektromágneses és kvantumos hatások együttese, a molekulákból ásványszemcséket hozott létre. Kristályok váltak ki, melyek az ütközések során összetapadtak, s egyre nagyobb anyaghalmazokká álltak össze. A Naptól mért távolsággal együtt változott a köd hőmérséklete, s ezzel a kristályos anyagok összetétele. A Naphoz közel a magasabb olvadáspontú, illetve magas hőmérsékleten is stabil ásványok (fémek, fémoxidok),

egyre távolabb az egyre alacsonyabb olvadáspontú anyagok (víz, ammónia, metán) tudtak kikristályosodni és fennmaradni.

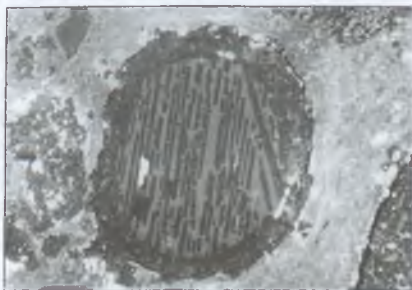
Eközben fokozatosan egyre nagyobb szerephez jutott a másik erő, a gravitáció, amely a Naprendszer ma ismert égitestjeinek összeállítását és fejlődését meghatározta. Az apró szemcsék egyre nagyobb darabokká csomósodtak. A kilométeres nagyságúra növekedett őszégitestek, a planetezimálok további ütközései során jöttek létre a Nap körül ma ismert nagyobb méretű égitestek.

A kalcium–alumíniumoxid zárványok (CAI)

A belső Naprendszerben létrejött ásványokat ma a tűzálló kerámiák anyagaiként ismerjük (ilyen például a korund). A tűzálló ásványok kicsiny szemcsékbe gyűltek össze, és e szemcsékben rétegesen kristályosodtak egymás fölé az egyre alacsonyabb olvadáspontú összetevők. Ezeket a főleg kalcium- és alumíniumoxidból főlepülő, világos színű ásványszemcséket a kondritos meteoritokba beépülve találjuk meg. Nevük *kalcium–alumíniumoxid-zárvány*, rövidítve CAI (Ca–Al Inclusion). Ezeknek a fehér zárványoknak, CAI-ásványoknak az összetételét először SZTRÓKAY KÁLMÁN magyar kutató határozta meg a kabai meteorit vizsgálata során.

A kondrumok kialakulása

A Föld típusú bolygók tartományában kikristályosodó ásványok nagy része a fő közetalkotó szilikátokból épült fel. A kialakuló Nap sugárzása kezdetben még igen instabil volt – a csillagfejlődés kutatói T Tauri állapotnak nevezik ezt az időszakot. A sugárzás intenzitásának időszaki növekedései egyes tartományokban úgy fölforrósították ezeket a porszemcsékből összetapadt csomócskákat, hogy azok átmenetileg teljesen megolvadtak. Ezekből az olvadákcseppekből lettek az ismételt lehűlés és átkristályosodás után a tizedmilliméteres–milliméteres nagyságú gömböcskék, a kondrumok. A kondrumok felszínére a későbbiek során egyre több tapadt rá a maradék porszemcsékből. A kondrumok és a maradék poranyag összetapadással és ütközésekkel egyre nagyobb csomókká halmozódott. A mai kondritos meteoritok azokból a kisebb méretű égitestekből származnak, amelyek anyaga ezután – a Naprendszer kialakulása óta eltelt 4.5 milliárd év alatt – már nem megegyezett a kondrumok olvadáspontja fölé.



5.6. ábra. Egy lemezes típusú kondrum, vastag héjjal körülvéve

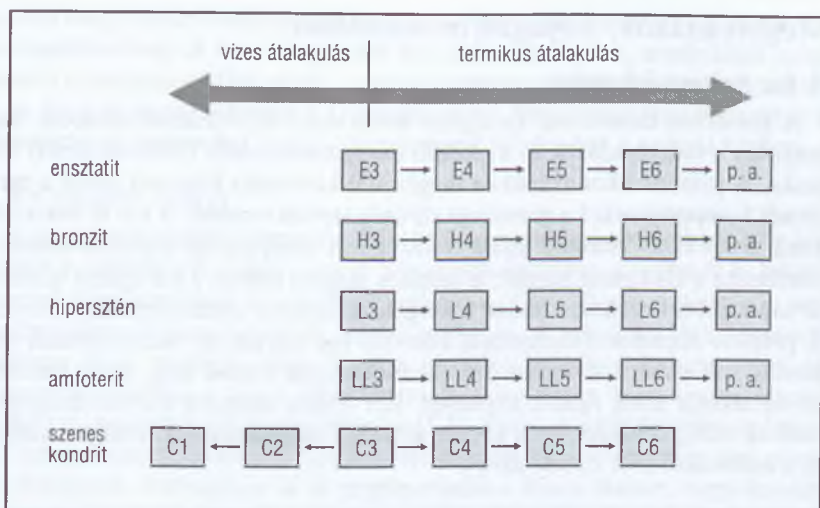
A kondritokból készült kőzettani vékonycsiszolatokon a mikroszkópban megfigyelhetjük, hogy a kondrumok különféle szövetűek lehetnek. A kondrumok egy része olvadt állapotban vagy megszilárdulás után különféle változásokon esett át, mielőtt a kondritos kisbolygók anyagává vált. Egyes kondrumok elsősorban a külső részeiken vagy a héjukban tartalmaznak fémes vas-nikkel cseppeket. Ez arra utal, hogy ezek a kondrumok olvadt állapotukban forogtak, ezért a nagyobb sűrűségű összetevők a centrifugális erő hatására fokozatosan a kondrum felületére sodródtak. A kondrumokat körülvevő anyagok, héjak ásványi és kémiai összetétele is sokat elárul a Nap körüli gázködben valaha lezajlott eseményekről, vagy már a meteorit szülőégitestjén lezajlott (pl. vizes) átalakulásokról. Egyes kondrumoknak aprószemcsés kristályok alkotta porhéja van, ami arra utal, hogy a kondrum megszilárdulása után még hosszú ideig sodródott a Nap körüli por- és gázködben, míg hozzá nem tapadt egy halmozódó anyagsomóhoz. Más kondrumokat éppen olyan magmás szövetű héj vesz körül, mint maga a szilikátcepp anyaga. Ezek úgy jöhettek létre, hogy a már megszilárdult kondrum felületére gyűlt port egy újabb felmelegedés megolvasztotta.

A meteoritok és a kisbolygók

A kisbolygókról visszavert fény színképét összehasonlítva a meteoritok reflexiós színképével már az 1970-es évekre elfogadottá vált, hogy a meteoritok forrása a kisbolygóöv. A 80-as évekre már a kisbolygóövön belül is zónákat tudtak elkülöníteni, amelyekre más és más uralkodó kisbolygó-színképtípus volt jellemző (J. C. GRADIE, E. F. TEDESCO). A kisbolygóöv külső peremén a szenes kondritok a gyakoriak. S bár a külső Naprendszer jegeket is tartalmazó ősi anyagegyütteseiről ma még nem rendelkezünk kőzettani módszerekkel elemezhető mérési anyaggal, ezeknek a színképében már előfordulnak a vízjégre jellemző elnyelési vonalak. Ugyancsak a reflexiós színképek elemzésével mutatták ki azt is, hogy a külső Naprendszer fő ásványi anyaga a vízjég. Az óriásbolygók holdjaiban, a Szaturnusz gyűrűjében és az üstökösökben is azonosították a vízjeget.

Átkristályosodás

A kondritos alapanyagból összeállt kis égitest belseje – főként a rövid felezési idejű radioaktív atomok bomlásakor felszabaduló hő miatt – a kialakulása után elkezd melegedni. Ennek a felmelegedésnek az első szakaszában következik be az *átkristályosodás* (metamorfózis), a kondritos szövet fokozatos



5.7. ábra. A kondrittípusok Van Schmus–Wood-táblázata (p. a. = primitív akondrit)

átalakulása. A lassú átmelegedés szilárd fázisú diffúziót okoz, aminek hatására a kondrumok fokozatosan elmosódott körvonalúakká válnak, majd teljesen széteszlanak. Ugyancsak a fokozódó diffúzió következtében megindul a kémiai kiegyenlítődé az egyes ásványok összetételében, elsősorban a mátrix és a kondritok ásványai között. A leginkább tanulmányozott folyamat az olivinnek és a piroxének vas- és magnéziumtartalmában történő kiegyenlítődé. A redox folyamatok megváltoztatják a fémvas/oxidált vas arányt is.

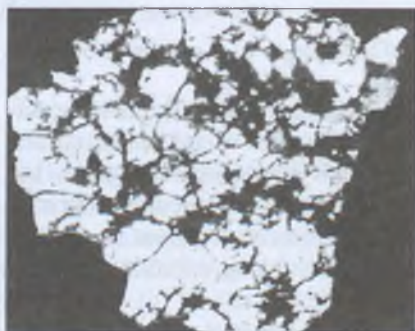
A további fölmelegedés már parciális olvadási folyamatokat indít el. Az idők során jó néhány olyan – viszonylag ritka – meteoritot találtak és tanulmányoztak, amely ugyan még kondritos összetételű, de már teljesen elveszítette kondrumos szövetét. Ezek a *primitív akondritok* a kondritos égitest fölmelegedésének utolsó szakaszában jönnek létre. Ilyen meteoritok az *acapulcoitok*, *lodranitok*, melyekben kismértékben a vas megolvadását és bazaltos komponens parciális megolvadását is megfigyelték.

A fölmelegedés hatására lezajlott szöveti átalakulások mindegyik kondritcsoportban megfigyelhetők. A kezdeti összetétel szerinti ensztatit, bronzit, hipersztén, amfoterit és szenes kondrit osztályozásra „merőlegesen” egy másik rendező elv is megjelent, amelynek típusai hőtörténeti fejlődési fokozatokat jelentenek. A kondritok osztályozásának ez a kétparaméteres rendszere a már említett Van Schmus–Wood-táblázat (5.7. ábra). Az ebben definiált típusok sorozatának végén a primitív akondrit áll (p. a.), amely még kondritos kémiai összetételű, de kondrumok már nem láthatók benne.

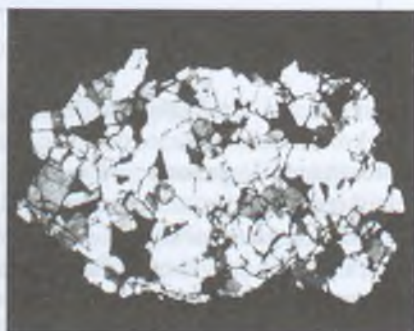
Megolvadások, anyagátrendeződések

A kis égitest köpenye

A kondritos összetételű kis égitest hőtörténeti fejlődésének második nagy szakasza a megolvadások és a *globális anyagátrendeződés* (differenciáció) időszaka. A primitív akondritokban meginduló kiolvadási folyamat során a megolvadt komponenseket a gravitáció sűrűség szerint rendezi. A két fő összetevő közül a vas és a vasszulfid lefelé, a kis égitest középpontja irányába süllyedve létrehozza a kis égitest magját; a bazaltos magma fölfelé, a kis égitest felszínére vándorolva létrehozza annak a kérgét. A folyamat eredményeként a kezdeti, primitív akondritos összetételű kőzetből egy kiürült, de összetételében még mindig sok kondritos vonást őrző akondrit típus marad meg. Ilyen maradék anyag alkotja a kis égitest köpenyét. Két fontos akondrit meteoritcsoportot találtak eddig, amelyek ilyen köpenyanyagból származhatnak: ezek az *ureilit*ek és a *lodranit*ok (5.8. és 5.9. ábra).



5.8. ábra. Ureilit mikroszkópos képe



5.9. ábra. Lodranit mikroszkópos képe

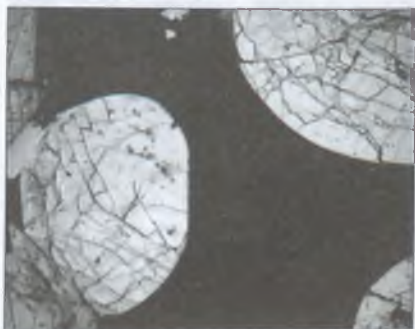
Az ureilitek különleges akondritok. Ősi bélyegeket és átalakulási, átkristályosodási jegyeket is hordoznak szövetükben. Ősi bélyeg a nagy széntartalom (4 tömegszázaléknyi is lehet, ez annyi, mint a C–I. szenes kondritoké) és az olivin-pigeonitos fő ásványi összetétel. A kondritokra jellemző vastartalom már lecsökkent bennük, tehát a vas és a vasszulfid összetevő többsége már kifolyt ebből az anyagból. Eltávozott belőlük egy alacsonyabb olvadáspontú bazaltos összetételű komponens is. Ezért az ureilitek egy differenciálódott, eredetileg kondritos összetételű kis égitest köpenyanyagának tekinthetők.

Az ureilitek szövetének jellegzetessége, hogy a nagy méretű olivin és piroxén ásványokat fekete burok határolja. Az ásványok közötti hézagokat szén, fémes vasnikkel és vasszulfid tölti ki. Az ureilites szövet olyan, mintha ólom-

keretes üvegablakot látnánk szabálytalan poligonokkal kitöltve (12. kép a színes mellékletben). A szén főleg grafit formájában van jelen, amely kissé redukálta is az ásványok külső részét, s ennek hatására parányi vasszemcsék váltak ki az olivin és piroxén ásványok külső rétegében. Ez a fémkiválási zóna szintén hozzájárul az ásványokat övező „ólomkeretes” látványhoz a szöveti képpen.

A kis égitest magja

A viszonylag gyakori vasmeteoritok (14. kép a színes mellékletben) már korábban is utaltak arra, hogy a vas jó néhány kis égitesten megolvadt és kifolyt az eredetileg kondritos kőzetből. A *pallazitok* olyan kő-vas meteoritok, melyekben több a fémes összetevő, mint a szilikátos. A vasnikkel fázis folytonos mátrixot alkot, melyben olivin (s néha piroxén) kristályok helyezkednek el. Vékonycsiszolatban a fémes fázis átlátszatlan, s ezért a beágyazott (fémmel körbevett) szilikátok jól megfigyelhetők (5.10. ábra). A szilikátásványok lehetnek lekerekítettek, máskor pedig kristálylapokkal határoltak, vagy éles, töréses felületűek. Metszetben az is megfigyelhető a fémes fázison, hogy kisebb-nagyobb vasszulfid tartományok szintén be vannak ágyazva a fémes vasnikkel fázisba. A két fázis, a vasnikkel és a vasszulfid egymással nem elegyedő olvadékot képez. A vasszulfid színe sárgásabb, a vasnikkel fázisé ezüstszürke.



5.10. ábra. Pallazit mikroszkópos képe



5.11. ábra. Widmannstätten-mintázat

A fémes fázisok színkülönbségét még inkább előhozza, ha savval maratják meg a lecsiszolt fémes felületet. A fémes szövetszerkezetnek a vasnikkel fázis esetén külön nevet is adtak. Első leírójáról *Widmannstätten-mintázat*nak nevezik (5.11. ábra). A nikkeldús fázis a gamma vas, taenit (kohászati nevén austenit), melynek kristályrácsát laponcentrált köbös elemi cellák alkotják. A nikkelszegény fázis az alfa vas, kamacit, melynek kristályrácsa tércentrált köbös elemi cellákból áll. Lehűlés és lassú kristályosodás során az alfa vas

oktaéder lapok szerint elrendeződő lemezek alakjában válik ki, és köré rakódik a gamma vas. Ez a mintázat jelenik meg különböző irányú térmetszetekben a levágott és lecsiszolt vasmeteorit felületeken. Minél nagyobb a nikkel-tartalom, annál vékonyabbak az alfa vas rétegek.

A kis égitest kérge

A bazaltos akondrit elnevezéssel a kőmeteoritok köréből származó néhány magmás szövetű kőzettípust jelölnek, melyek a bazaltot alkotó ásványokból (piroxén és földpát) állnak. Egy fejlett és differenciálódott kis égitest kérgének kőzetszilánkjai ezek (15. kép a színes mellékletben). Jelenleg egy nagyobb kisbolygót ismerünk bazaltos színeképű felszínnel, a *Vestát*. A kisbolygóövben azonban számos hasonló, kicsiny, néhány kilométeres méretű égitesttöredék lehet.

Három fő típusuk a *howardit*, az *eukrit* (5.12. ábra, valamint a 13. kép a színes mellékletben.) és a *diogenit*. A három név kezdőbetűje alapján összefoglalva HED meteoritoknak is nevezik ezeket. Ásványtani szempontból piroxénből és földpátból állnak. A diogenitekben a piroxén magnéziumban gazdag rombospiroxén (újrakristályosodott szemcsés szövet). Az *eukrit* esetében ezek az ásványok *pigeonit* + *plagioklász*. A *howarditok* átmeneti breccsás kőzettípust képeznek az *eukritek* és a *diogenitek* között.



5.12. ábra. Eukrit mikroszkópos képe

A diogenit—howardit—eukrit sorozat kémiai összetétel szempontjából sok mindenben hasonlít a földi *komatiit—pikrit—modern kori tholeiites bazalt* sorozatra. Például a sorozat kőzeteiben fokozatosan csökken a magnézium mennyisége, míg a szilíciumdioxid-tartalom fokozatosan növekszik. Ez arra is utalhat, hogy a kis égitesten fölgyorsítva játszódott le egy olyan folyamat, amelyet a Földön is megfigyelhetünk. Kezdetben a vékony kéreg alól nagy magnéziumtartalmú lávák ömlöttek a felszínre, később a kéreg fokozatos vastagodása miatt már csak az egyre kisebb magnéziumtartalmúak érik el a felszínt.

Átkristályosodás víz hatására

A kialakuló Naprendszer anyagában a Jupiter távolságában már a vízjég is kristályos szemcséket alkotott. A kondrumok egy része jégkristályokkal is keveredett. Ha a kondritos égitest jégkristályokat is tartalmazott, akkor anyaga a fölmelegedése kezdetén először a vízjég hatására kezdett átalakulni. A vizes átalakulás fokozatosan elbontotta az éles kondrumperemeket, elmállasztotta a magas hőmérsékleten létrejött szilikátokat, és olivinből meg piroxénből *szerpentint* és más, ipari kifejezéssel *azbesztásványokat* hozott létre. E vizes átalakulásnak legtovább egyes nagyméretű olivinkristályok tudtak ellenállni. Egyes vizes átalakulással elmállasztott, de később a fölmelegedéssel kiszáradt szenes kondritokban meg lehet figyelni a szép alakú olivinkristályokat.

Ahol a kondrumok víz hatására kristályosodtak át, ott a vizes oldatok először a piroxéneket alakították át, s az olivineket az ilyen félig átalakult kondrumokban még jól megfigyelhetjük. Később az olivinek is átalakulási peremmel vannak körülvéve, végül az egész kondrum rétegszilikátos összetételűvé alakul át. A *C–I* típusú szenes kondritok anyagában legfeljebb csak elvétve találunk kondrumokat.

Összegzés

Egy kondritos anyagból összeállt kis égitest termikus fejlődéstörténete során a belső felmelegedés hatására fokozatosan szétbomlanak kondrumok, a szövet átkristályosodik. Az így kialakult primitív akondrit a további melegedés során differenciálódni kezd. A vas és a vasszulfid összetevők a kis égitest mélyebb rétegei felé, a nátriumban és kalciumban gazdag összetevők bazaltos parciális olvadékai a kis égitest felszíne felé vándorolnak. A visszamaradó ásványtársulások a földi felsőköpenyt alkotó peridotitokhoz hasonlóak.

A kondritos anyag fejlődéstörténeti szakaszainak nyomait őrzi a különböző típusú meteoritok anyagának szerkezete és összetétele:

1. kezdeti kondritos állapotok,
2. fölmelegedés hatására a kondrumok körvonalának elhalványodása, a szövetszerkezet átalakulása,
3. széndiffúzió (ureilitben) és vasredukció (szemcseeloszlás-változásban),
4. szilikátok szövetének átalakulása diffúzióval,
5. primitív akondrit,
6. vasmegolvadási termékek (pallazit, vasmeteoritok),
7. bazaltos akondritok (diogenit, howardit, eukrit).

Irodalom

- [1.] BÉRCZI SZANISZLÓ: *Planetológia*. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
- [2.] BÉRCZI SZANISZLÓ: *Kristályoktól bolygótestekig*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991.
- [3.] BÉRCZI SZ.–HOLBA Á.–LUKÁCS B.: Evolution of Chondritic Parent Bodies I.: Correlation Among Ferrous Components. *Acta Mineralogica et Petrographica*, Szeged, XXXVI. 1995, 143. o.
- [4.] BÉRCZI SZ.–LUKÁCS B.: Compositional trends in Fe and Mg contents of chondrites. *22th Symp. Antarctic Meteorites*, NIPR, Tokyo, 1997, 6. o.
- [5.] BÉRCZI SZ.–GÁL-SÓLYMOS K.–HOLBA Á.–LUKÁCS B.–MARTINÁS K.: On the Thermodynamics of Meteorites and Parent Bodies II: From Chondrites Through the Primitive Achondrite Varieties (Stage A and Stage B) to the Basaltic Achondrites. *Acta Mineralogica et Petrographica*, Szeged, XL. 1999, 175. o.
- [6.] BÉRCZI SZ.–HOLBA Á.–LUKÁCS B.: On the Topology of the Urey–Craig Field, I. In *Lunar and Planetary Science XXX* (CD-ROM), Abstract #1014, Lunar and Planetary Institute, Houston, 1999.
- [7.] MCCOY, T. J.–KEIL, K.–MUENOW, D. W.–WILSON, L.: Partial melting and melt migration in the acapulcoite-lodranite parent body. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1997, **61**, 639. o.
- [8.] SZTRÓKAY K. I.–TOLNAY V.–FÖLDVÁRINÉ VOGL M.: Mineralogical and chemical properties of the carbonaceous meteorite from Kaba. *Acta Geologica Hungarica* 1961, **7**, 57. o.
- [9.] TAKEDA H.–MORI H.: The diogenite-eucrite links and the crystallization history of a crust of their parent body. Proc. Lunar Planetary Science Conf. 15th, Part 2.; *Journal of Geophysical Research*, 1985, **90**, C636. o.
- [10.] UREY, H.C.–CRAIG, H.: The composition of the stone meteorites and the origin of the meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1953, **4**, 36. o.
- [11.] VAN SCHMUS, W. R.–WOOD, J. A.: A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1967, **31**, 747. o.
- [12.] YANAI K.–KOJIMA H.–HARAMURA H.: *Catalog of Antarctic Meteorites*. NIPR, Tokyo, 1995.
- [13.] WASSON J. T.: *Meteorites*. Springer, Berlin, 1974.

Király Péter

Nagy energiájú helioszférikus részecskék és a kozmikus sugárzás

Bevezetés

Éppen egy évszázad telt el azóta, hogy C. T. R. WILSON tartályokba zárt tiszta levegő ionizációját Földön kívüli eredetű, nagy áthatolóképességű sugárzás hatásának tulajdonította [1.]. Bár e feltevését Wilson később visszavonta, VICTOR HESS 1912-ben, majd W. KOLHÖRSTER 1913-ban és 1914-ben végzett ballonos felszállásai egyértelműen bebizonyították, hogy néhány kilométeres magasságon túl az ionizáló hatás a magasság növekedésével látványosan erősödik [2.]. E „magassági sugárzás” légkörünkön, sőt Földünkön kívüli eredete ugyan csak az 1920–30-as években bizonyosodott be végérvényesen, mégis Hess léggömbös méréseit tekintjük a kozmikus sugárzás felfedezésének.

Ma már tudjuk, hogy a Föld környezetébe érkező nagy energiájú részecskék részben helioszférikus, részben galaktikus és extragalaktikus eredetűek, de magában a földi magnetoszférában is végbemegy részecskegyorsítás. A helioszférában, vagyis a Nap közvetlen közelében és tágabb „befolyási övezetében” felgyorsult töltött részecskék csak igen ritkán érnek el olyan nagy (legalább 0.5 GeV-es) energiát, hogy a légkörbe hatolva és ott másodlagos részecskéket keltve a földfelszínen is jól kimutatható részecskefluxust hozzanak létre. E ritka, évente legfeljebb néhányszor előforduló „földfelszíni eseményektől” eltekintve a Nap környezetéből érkező részecskékről legfeljebb közvetett bizonyítékaink voltak (sarki fény); helyben történő, „in situ” vizsgálatuk csak az űrkorszakban kezdődhetett el. A Naprendszeren kívülről származó, nagyrészt protonokból és más atommagokból álló, klasszikus értelemben vett kozmikus sugárzás viszont lényegesen nagyobb energiájú részecskéket is tartalmaz. Az ezek kölcsönhatásaiból származó részecskék hatása a földfelszínen, sőt még a legmélyebb bányákban is kimutatható.

A kozmikus sugárzás fogalmára nincs általánosan elfogadott meghatározás. A legtágabb értelemben ide sorolhatnánk a Föld környezetébe kívülről érkező vagy a külső hatásra ott kialakuló minden részecskét és hullámot, ekkor viszont szinte az egész csillagászatot, sőt a magnetoszféra és felsőlégkör

geofizikájának egy részét is a kozmikus sugárzás részterületének kellene tekintenünk. A legszűkebb értelemben viszont csak a Naprendszerbe kívülről érkező nagy energiájú töltött részecskéket (elsősorban protonokat és más atommagokat, valamint elektronokat és pozitronokat) tekintik kozmikus sugárzásnak. A helioszférikus eredetű részecskéket ma általában csak a kozmikus sugárzás témaköréhez tartozónak, de nem kozmikus sugárzásnak tekintjük, egyébként a fogalmat elég tágan értelmezzük. Beleértjük a Naprendszerbe érkező nagy energiájú semleges részecskéket (gammasugárzás, neutrínók, esetleges egzotikus részecskék), valamint az elsődleges részecskék légköri kölcsönhatásai során létrejött származékokat is (pl. neutronok, pionok, kaonok, müonok, elektronok és pozitronok, neutrínók). A kétévenként tartott kozmikus sugárzási világkonferenciák és a közbenső években megrendezett európai konferenciák témaköreit alapul véve a kozmikus sugárzás (és a helioszférikus nagy energiájú részecskék) kutatása a következő három alapvető téma köré csoportosul:

1. *Nagy energiájú részecskék eredete és terjedése a helioszférában.* Ide tartoznak a Nap közvetlen környezetében, a bolygóközi térben és a bolygók környezetében felgyorsult ionok és elektronok, de a Nap által befolyásolt plazmatartomány külső határvidékén felgyorsult részecskék is. A töltött részecskék mellett a gyorsulás és terjedés közben létrejövő elektromágneses sugárzás, valamint a Napból származó neutrínók is itt szerepelnek. Ugyancsak e témakörbe tartoznak a csillagközi térből érkező részecskék helioszférába való behatolásával és azon belüli terjedésével, valamint a terjedési tulajdonságok időbeli, elsősorban a napciklus fázisától függő változásaival foglalkozó kutatások is; e jelenségeket összefoglalóan a *kozmos sugárzás modulációjának* nevezik.

2. *A galaktikus és extragalaktikus forrásokból érkező nagy energiájú töltött részecskék, gammasugárzás és neutrínók keletkezése, helioszférán kívüli terjedése és kölcsönhatásai.* A kozmikus sugárzás eredetének témaköre közeli rokonságot mutat a nagy energiájú asztrofizikával, és természetesen felhasználja a csillagászati és asztrofizikai információkat. Lényegesen új információforrást jelent viszont a kozmikus sugárzás elemi és izotóp-összetétele, valamint annak energiafüggése. E jellemzők csak bizonyos energiaig mérhetők közvetlenül, felette az igen kis intenzitás miatt csak a földi légkörben keltett kaszkádok, a *kiterjedt légizapорок* tulajdonságaiból következtethetünk a légkörbe belépő részecskékre. Elég jól megkülönböztethetőek a nagy energiájú gammafotonok által keltett kaszkádok. Mivel az elektromosan semleges fotonok egyenes vonalban, energiájuktól független sebességgel terjednek, forrásukat sokkal könnyebben azonosíthatjuk, mint a közbeeső mágneses terekben eltérített és késleltetett töltött részecskék forrásait.

3. *A kozmikus sugárzás nagy energiájú kölcsönhatásainak vizsgálata* az első nagy földi részecskegyorsítók megjelenése előtt volt különösen fontos, és számos elemi részecske felfedezéséhez vezetett. E terület az 1950-es évektől

kezdve kissé háttérbe szorult, de napjainkban, a földi gyorsítók fejlődésének lelassulásával és a kiterjedt légizáporok detektorainak fejlődésével ismét előtérbe került. A kozmikus sugárzásban, bár igen ritkán, de a földi gyorsítóknál elért legnagyobb energiáknál mintegy nyolc nagyságrenddel nagyobb energiájú részecskék is érkeznek, s az ezek által keltett záporok a várakozások szerint tükrözhetik a kölcsönhatási jellemzők energiafüggését. A légköri kölcsönhatások vizsgálata mellett fontos a vastag föld-, jég- és vízréteg alatt észlelt részecskék vizsgálata, valamint a légköri eredetű, másodlagos neutrínósugárzás alulról, a Földön keresztül érkező összetevőjének tanulmányozása is.

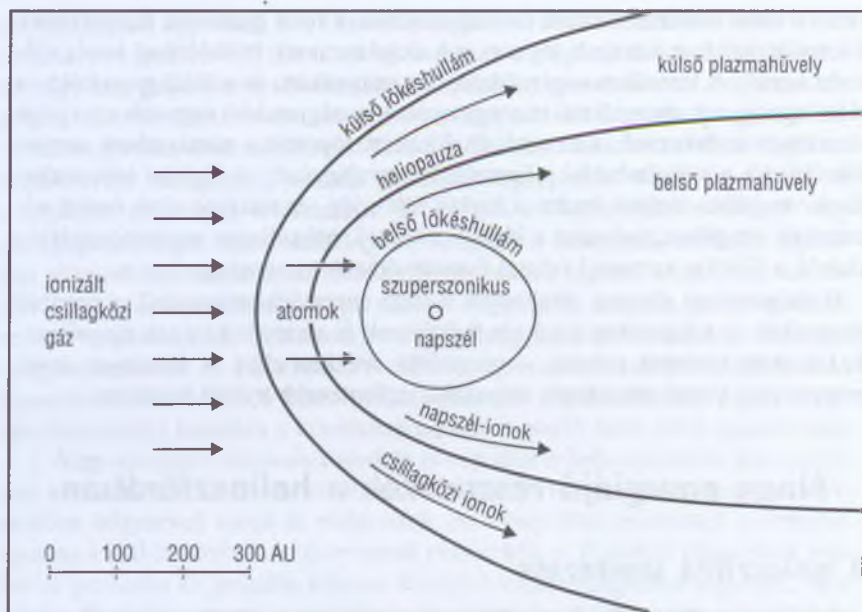
E dolgozatban röviden áttekintjük a nagy energiájú helioszférikus eredetű részecskék és a kozmikus sugárzás fizikájának és asztrofizikájának alapelemeit. Eközben kitérünk néhány — az utóbbi években elért — látványos eredményre és a kutatások irányát megszabó legfontosabb nyitott kérdésre.

Nagy energiájú részecskék a helioszférában

A helioszféra szerkezete

A *helioszféra* Napunknak az a környezete, amelynek tulajdonságait döntően a napszél, vagyis a Napból kiáramló ionizált és mágnesezett plazma határozza meg (6.1. ábra). Külső határa, amely a napszél-plazmát a csillagközi gáz ionizált összetevőjétől elválasztja, a *heliopauza*. E felületet veszi körül a külső *plazmahüvely*, vagyis a Nappal együtt mozgó helioszférát körüláramló, eredeti mozgásirányától eltérített csillagközi ionizált gáz. A gáz semleges komponense nagyrészt behatol a helioszférába. A helioszféra alakja leginkább üstököshöz vagy a Föld magnetoszférájához hasonlítható, de mérete az utóbbinak mintegy százezerszerese; csóvája a csillagközi gázban hosszan elnyúlik, de elektromágneses sugárzása túl gyenge ahhoz, hogy jelenlegi eszközeinkkel láthatnánk. A csóva hosszúsága valószínűleg több ezer AU, de még így is majdnem százszor kisebb a legközelebbi csillagok távolságánál.

Naprendszerünknek a zavartalan csillagközi gázhoz viszonyított sebessége mintegy 26 km/s, és ez valószínűleg nagyobb a csillagközi gázban érvényes Alfvén-sebességnél és a gyors magnetoakusztikai hullámok sebességénél is, ezért a külső plazmahüvelyt a zavartalan csillagközi gáztól is egy többé-kevésbé éles határfelület, a *külső lökeshullám* (vagy orrhullám) választja el. A csillagközi gáz áramlása e felületen kívül valójában csak magneto-hidrodinamikai közelítésben zavartalan. A heliopauzán belül van a *belső lökeshullám*, amely a szuperszonikus napszél végét jelzi. A belső lökeshullám és a heliopauza között (a belső plazmahüvelyben) a napszél-plazma szubszonikus,



6.1. ábra. A helioszféra vázlatos szerkezete

de hőmérséklete jóval magasabb és a belefagyott mágneses tér jóval erősebb, mint közvetlenül a belső lökeshullámon belül. A szuperszonikus napszél által uralt plazmatartomány valószínűleg a Nap–Föld távolság mintegy 80–100-szorosáig terjed ki. Ezt, mint láttuk, egy bonyolult szerkezetű kölcsönhatási tartomány veszi körül. A legtávolabbi űrszonda, a *Voyager–1* jelenleg a Naptól valamivel több, mint 85 AU távolságban van, és a belső lökeshullámon még nem lépett át, bár sokan az áthaladást már korábban várták. Ez néhány éven belül várható, de pontos időpontját a mérések és az elmélet bizonytalanságai miatt nem tudjuk megjósolni [3.].

A heliopauza helyzetét alapvetően a napszél és a csillagközi gáz ionizált komponensének nyomásegyensúlya határozza meg, és a modellek szerint ehhez igazodik a külső és belső lökeshullám helyzete is. Sok olyan tényező van azonban (pl. a mágneses tér, turbulencia, részecskegyorsítás, a beáramló csillagközi semleges komponens sűrűsége és részleges ionizálódása), amelyet egyelőre nem tudunk jól figyelembe venni [4.]. A napszél és a csillagközi gáz kölcsönhatását várhatóan csak a két Voyager űrszonda helyszíni mérései alapján, s akkor is csak részben fogjuk megérteni. Az 1972-ben felbocsátott *Pioneer–10* szonda energiaellátása kimerülőben van, így adataira már csak

igen korlátozott mértékben számíthatunk. A helioszféra szerkezetét a 6.1. ábra szemlélteti.

A napszél forrása a napkorona, amelynek alsó részében az ionizált gáz mozgását a meglehetősen bonyolult szerkezetű és időben változó szoláris mágneses tér határozza meg. A legtöbb erővonal itt még mindkét irányban a Naphoz, illetve a fotoszférához kapcsolódik. A Nap középpontjától mintegy 3 Nap-sugárnál nagyobb távolságokban viszont általában már a napszél kinetikus energiája domináns, és a koronából kifújt mágneses tér többé-kevésbé passzívan, nagyjából sugárirányban sodródik kifelé a napszélben. A Nap forgása miatt az erővonalak arkhimédészi spirál alakban rendeződnek el. A spirál menetemelkedését a Nap forgási sebessége és a napszél sebessége együttesen határozza meg. A Földnél, a Nap egyenlítősiójának közelében a spirál iránya átlagosan $50-60^\circ$ -os szöget zár be a kifelé mutató radiális iránnyal. A helioszférában kifelé haladva e szög egyre közelebb kerül a derékszöghöz. A Nap pólusainak irányában viszont közel radiális mágneses teret várnánk. Ez utóbbi várakozást az *Ulysses* űrszonda mérései nem igazolták, elsősorban a napkorona által kibocsátott nagy amplitúdójú *Alfvén-hullámok* miatt. Magának a mágneses tér vektorának az iránya a spirálhoz képest kifelé vagy befelé mutat, a Nap 11 évenként változó polaritásától és a szonda heliomágneses szélességétől függően. A kétféle polaritást elválasztó felület, a helioszférikus semleges lepel, vagy áramlemez a napfoltminimum körüli években csupán $10-15^\circ$ -kal tér el a heliografikus egyenlítőhöz képest, de ezek az eltérések a Nap aktivitásának fokozódásával egyre nőnek, míg végül a napfoltmaximum környékén a felület darabokra szakad, és eközben megy végbe a pólusváltás. Az ekliptika közelében keringő mesterséges holdak vagy űrszondák napfoltminimum környékén a Nap forgása során váltakozva befelé, illetve kifelé irányuló mágneses teret tartalmazó szektorokat érzékelnek, míg nagy pozitív, illetve negatív heliografikus szélességeken lévő űrszondák számára a mágneses tér polaritása a Nap forgása során nem változik.

A fenti leegyszerűsített kép számos tényezőt nem vesz figyelembe. A napszél sebessége alacsony naptevékenységnél az egyenlítői tartományokban csak mintegy 400 km/s, míg nagy szélességeken ennek duplája, közel 800 km/s. A lassú napszél ugyanakkor jóval nagyobb sűrűségű, mint a gyors, így a kétféle napszél dinamikai nyomása nem tér el lényegesen egymástól. Gyors és lassú napszélnyalábok azimutálisan is váltakoznak, és a lassú nyalábokat utoléró gyors napszél a Naptól néhány AU távolságban lökéshullámokat hoz létre. Ha a forgó Naphoz képest a gyors és lassú nyalábok forrástartománya több forgás ideje alatt sem változik, ezek a lökéshullámok a Nappal együtt forognak. Ezeket *együttforgó kölcsönhatási tartományoknak* (corotating interaction region, CIR) vagy *együttforgó lökéshullámoknak* nevezzük. A Nap nagyobb aktivitása idején egyre gyakoribbá és hevesebbé válnak a *koronakitörések* (coronal mass

ejection, CME), amelyek az előzőleg ugyanonnan kibocsátott napszélnél jóval gyorsabban mozoghatnak (az eddig észlelt legnagyobb sebességek elérik a 2000 km/s értéket), és a lassabb napszelet utolérve többé-kevésbé radiálisan kifelé haladó lökéshullámokat hoznak létre. A koronakitörések felgyorsulását mágneses instabilitás okozza, hasonlóan a Naphoz sokkal közelebb kialakuló flerekhez, de a Nap aktivitásának e két jellemzője külső hatásaiban erősen különbözik.

Részecsketípusok

Szupratermális és nagy energiájú részecskék

A Földtől és a bolygók magnetoszférájától eltekintve a helioszféra az egyetlen olyan plazmatartomány, ahol űrszondáink segítségével a részecskegyorsítás nemcsak távérzékelés útján, hanem helyben is tanulmányozható. A Nappal együtt forgó vagy kifelé haladó lökéshullámok környezetében a szondákon elhelyezett műszerek közvetlenül mérik a felgyorsuló részecskék jeleit, ugyanakkor a háttérplazma jellemzőiről és a hullámtevékenységről, valamint a távolabbról érkező nagy energiájú részecskékről és sugárzásról is információt nyújtanak. E sokféle információ szétválasztása persze nem mindig könnyű. A Nap közelében és a távoli helioszférában lejátszódó folyamatokról egyelőre csak távérzékelés útján értesülhetünk, mivel eddigi szondáink csak a 0.3 és 85 AU közötti radiális távolságtartományt fedik le. Megjegyezzük, hogy a távérzékelés fogalmába itt a fotonok és más semleges részecskék mellett a töltött részecskék által közvetített információt is beleértjük.

A napszél felgyorsulásának mechanizmusa még mindig csak részlegesen tisztázott, de a mágneses erővonalak átcsatolódása és az ezzel együtt járó hullámkeltés és részecskegyorsítás minden bizonnyal alapvető szerepet játszik benne. A kromoszférában és alsó koronában keltett nagy energiájú elektronok és ionok jelentős része nem jut ki a mágnesesen zárt tartományokból, és energiájuk különféle instabilitások keltése útján a plazma fűtésére fordítódik. E részecskék intenzitásáról és kölcsönhatásairól általában csak a különböző hullámhosszakon keltett elektromágneses sugárzás ad hírt. Csak azok a részecskék jutnak ki a bolygóközi térbe, amelyek vagy nyílt erővonal-struktúrában keletkeztek, vagy nagy intenzitásuk miatt fel tudják nyitni a zárt mágneses hurkokat.

Szupratermálisnak tekintünk egy részecskét a napszél-plazmában szokásos energiák néhányszorosától néhány száz keV/nukleon kinetikus energiáig, előlött *nagy energiájú részecskékről* beszélünk. A nagy energiájú helioszférikus eredetű ionok energiája extrém esetekben néhányszor tíz GeV-et is elérhet, az intenzitásnövekedés azonban többnyire csak MeV-es energiáig terjed.

A napszél-ionok energiája a napszél sebességétől függ és 1 keV/n körül van, ami nagyrészt a napszél haladó mozgásából ered, és csak sokkal kisebb mértékben a napszálon belüli termikus mozgásból. A napszél-elektronok zömének energiája jóval kisebb, néhányszor 10 eV, ez az energia viszont nagyrészt a termikus mozgásból ered. A Föld távolságában a napszél-plazma energiasűrűségének túlnyomó része a sebességeloszlás sodródó Maxwell-eloszlással jellemezhető részéből származik. Ennél általában több nagyságrenddel kisebb a szupratermális, és még jóval kisebb a nagy energiájú részecskék járuléka. A plazmába befagyott mágneses tér túl gyenge ahhoz, hogy jelentősen befolyásolja a napszél mozgását, de elég erős ahhoz, hogy uralja mind a kozmikus sugárzás, mind a nagy energiájú helioszférikus részecskék terjedését. A szupratermális részecskék viszont elég nagy intenzitás esetén (pl. flerek vagy koronakitörések után) kölcsönhatnak a mágnesezett plazmával, abban különféle magneto-hidrodinamikai és plazmahullámokat keltve. Az így gerjesztett hullámok viszont befolyásolják a nagyobb energiájú részecskék terjedését is.

A bolygóközi térben észlelt szupratermális és nagy energiájú ionok és elektronok eredete igen változatos, és a különböző források járuléka erősen függ a Naptól mért távolságtól, a Nap aktivitásától és a szondát körülvevő napszél-plazma jellemzőitől. A főbb részecskepopulációk a következők:

Kis napaktivitásnál is jelen lévő részecskék

Napfoltminimum környékén előfordulnak napokig, sőt néha hetekig – hónapokig terjedő időszakok, amikor a néhány MeV-es ionok Föld környezetében mért intenzitása rendkívül alacsony és látszólag alig változik. Ezeket nevezzük nyugodtidejű periódusoknak. Ilyen időszakokban a mért protonspektrum a szupratermális tartományban (néhány keV-től néhány száz keV-ig) me-redeken, kb. E^{-3} hatványfüggvény szerint csökken, majd valamivel 10 MeV alatt éri el minimumát, s emelkedett néhány száz MeV-ig az energiával arányosan nő. A kis energiájú tartomány döntően helioszférikus eredetű, a 10 MeV fölötti a helioszférán való áthaladás közben lefékeződött kozmikus sugárzás. A spektrális minimum környékén, ahol a két komponens nagyjából egyensúlyban van, a differenciális intenzitás $0.1 \text{ proton}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr} \cdot \text{MeV})$ körül van, ami a nagy flerek és koronakitörések után mért intenzitás milliomod részét sem éri el. Aktív időszakokban az intenzitás sohasem csökken ilyen alacsony szintre. A helioszférikus nyugodtidejű fluxus eredete még nincs megnyugtatóan tisztázva [5.], de túlnyomó része valószínűleg az 1 AU-nál távolabbi, együttforgó kölcsönhatási tartományokból származik, és nem a napkoronából. E kis intenzitások vizsgálata különösen gondos munkát igényel, mivel a különböző háttéreffektusok könnyen meghamisíthatják az eredményeket.

Fler-eredetű részecskefluxusok

Az optikailag már 1860 óta megfigyelt flereket az 1940-es években hozták először kapcsolatba a Földnél észlelt nagy energiájú részecskékkel. A részecskefluxusok később a nyugodtidejű fluxusoknál több nagyságrenddel nagyobbak bizonyultak. A részecskék összetételét vizsgálva már 1970-ben kiderült, hogy a napszélben csak igen kis koncentrációban jelenlévő ^3He izotóp ($^3\text{He}/^4\text{He} \sim 4 \cdot 10^{-4}$) bizonyos flerekben feldúsul [6.], s ma már tudjuk, hogy a hányados akár 1-nél nagyobb értéket is elérhet. Ugyanezekben az impulzívnak nevezett, rövid élettartamú fluxusnövekedésekben a nehezebb elemek, pl. a vas koncentrációja is megnő, bár jóval kisebb mértékben. A ^3He koncentrációjának megnövekedését először magfizikai okokra, a napkorona alsó részében lezajló nagy energiájú ütközésekre, s a nehezebb magok széttoresztésére próbálták visszavezetni. Ma a jelenséget a flerben létrejövő intenzív hullámterekkel hozzuk kapcsolatba, amelyek a különböző ionokat szelektíven, elsősorban töltés/tömeg (Q/M) arányuktól függően gyorsítják. A sokkal nagyobb mennyiségben jelen lévő protonok és ^4He -ionok a Q/M arány bizonyos értékeire „rezonál” hullámokat hamar elnyelik, s e hullámok a más hasonló Q/M arányú ionokat sem gyorsítják tovább. A teljesen ionizált ^3He és a fler néhány millió fokos hőmérsékletén néhány elektront még megtartó vasionokra a hányados ezektől lényegesen eltér, és így iononként sokkal nagyobb hullámenergiát képesek elnyelni [7.]. A részletes modell azt feltételezi, hogy a flerben a mágneses stabilitás megbomlásakor felszabaduló energia először rendkívül intenzív 10–100 keV-es elektronnyalábokat hoz létre, s ezek keltik az ionok gyorsításához szükséges elektromágneses ionciklotron-hullámokat [8.]. Hasonló folyamatok a Föld magnetoszférájában is előfordulnak.

A flerekből érkező ionok és elektronok jól kiegészítik a különböző hullámhosszú elektromágneses hullámok által hordozott információt. Az utóbbiak előnye, hogy a Nap egész látható félgömbjéről elérnek hozzánk, és nem szenvednek energiafüggő késleltetést, mint a töltött részecskék. Az ionok viszont, ha további ütközésekben nem vesznek részt, jól megőrzik eredeti összetételüket és töltésállapotukat, és mind keletkezési helyükről, mind a felgyorsulás folyamatáról, sőt a közbelső mágneses terekről is hírt adnak.

Koronakitörések lökeshullámában felgyorsult részecskék

A legnagyobb intenzitású események ebbe a kategóriába tartoznak. A Nap irányából érkező, hosszan tartó, gyakran több napra kiterjedő fluxusnövekedéseket korábban *graduális flereknek* tulajdonították, s ezek forrását szintén az alsó koronában sejtették. Meglepetést okozott viszont, hogy például a vasionok ezekben az eseményekben jóval kevésbé ionizáltak, mint az impulzív

flereknél, vagyis a gyorsítás hidegebb és kisebb sűrűségű környezetben megy végbe. Kiderült, hogy ezek a részecskék nagyrészt a koronakitörésekhez kapcsolódnak, és a gyorsítás a kilövellő nagy sebességű plazmafelhők frontján kialakuló lökeshullámban történik, bár elég gyakran hibrid események is előfordulnak. A leghatékonyabb és legnagyobb energiákig terjedő gyorsítás valószínűleg a Naptól néhány napátmérőnyi távolságra megy végbe, de sok eseménynél jól megfigyelhető gyorsítás történik még 1 AU távolságban is. Bár a lökeshullám korai szakaszában felgyorsított részecskék már jóval a lökeshullám megérkezése előtt észlelhetők, a lökeshullámnak a szondán való áthaladása körüli néhány órás időtartamban bizonyos energiájú ionok intenzitása 1–2 nagyságrenddel is növekedhet (shock-spike). A lökeshullámok környezetében kialakuló intenzív részecskenyalábok instabilitások révén hullámokat keltenek, melyen aztán szóródnak, és újra visszatérnek a lökeshullámhoz, ami sokkal hatékonyabbá teszi a gyorsítást. Adott, a lökeshullám erősségétől függő energia fölött viszont a szóródás már túl gyenge az ionok visszatérítéséhez, így azok eltávoznak a lökeshullám környezetéből.

A koronakitörések okozta részecskenyalábok összetétele lényegesen közelebb áll a napszél összetételéhez, mint az impulzív eseményeké. A koronakitörésekben, mint általában lökeshullámokban, elektronok kevésbé gyorsulnak, mint flerekben. A gyors koronakitörések mellett a napszélnél lassúbbak is előfordulnak, de ezek nem vezetnek jelentős fluxusnövekedésre.

Együttforgó tartományokban gyorsított részecskék

A Nappal együtt forgó, a gyors és lassú napszélnyalábokat elválasztó felület két oldalán előrehaladó (a lassú napszélbe behatoló) és a határfelülethez képest visszafelé, a gyors napszélbe hatoló lökeshullám jön létre. Mindkettőben végbemegy részecskegyorsítás, de más-más spektrummal (a visszafelé haladóban fejlődik ki a nagyobb energiákig terjedő, keményebb spektrum). Az ilyen típusú gyorsítás általában a Naptól mintegy 4 AU távolságra a leghatékonyabb. Rendkívül meglepő és jelentős volt az Ulysses programnak az az eredménye, hogy az együttforgó nyalábbal kapcsolatos intenzitásnövekedések olyan nagy helioszférikus szélességeken is jól megfigyelhetők voltak, ahol a napszél már állandóan gyors volt, és a plazma tulajdonságaiban sem lehetett látni a Nap forgásával kapcsolatos változást. E megfigyelés több új, ma is erősen vitatott elképzelést vetett föl a nagy energiájú részecskék terjedésének megértésére.

Bolygók környezetéből érkező részecskék

A Föld és más bolygók magnetoszférájában és orrhullámában is gyakori a részecskegyorsítás. Különösen intenzív elektronnyalábok indulnak ki a Jupiter környezetéből; ezek kis naptevékenység idején még a Föld közelében is

uralják a mért elektronfluxusokat. A földi magnetoszférától a Nap felé elhelyezkedő, a napszelet eltérítő lökéshullám környezetében is jelentős részecskegyorsítás és hullámtevékenység észlelhető mind a Nap irányában, a szuperszonikus napszélben, mind a Föld irányában, a magnetoszféra plazmahüvelyében.

Felszedett részecskék és származékaik

A helioszférát körülvevő csillagközi felhő csak részben ionizált, benne a semleges H sűrűsége mintegy 0.2 atom/cm^3 , míg a protonoké kb. 0.1 atom/cm^3 [9.]. A csillagközi gáz helioszférába beáramló semleges komponensére nem hat a helioszférikus mágneses tér, így azt hihetnénk, hogy a semleges atomok egyszerűen áthaladnak a helioszférán. Valójában a Nap ultraibolya sugárzása (elsősorban a Lyman-alfa vonal) és az ionizált napszéllel való töltéscsere miatt a helyzet sokkal bonyolultabb, de itt a részletekre nem térhetünk ki. A helioszférában a csillagközi semleges atomokból sokkal több van, mint napszélionokból; sűrűségük kb. a Jupiter távolságában lehet egyensúlyban [9.]. A legtöbb atom azonban valóban csak áthalad a helioszférán, és nem fejt ki jelentős dinamikai hatást.

Mindenesetre a Naphoz elég közel (néhány AU-ra) kerülő semleges atomok már nagy valószínűséggel egyszerűen ionizálódnak, és így a napszélbe fagyott mágneses tér körül keringeni kezdenek, majd a napszéllel együtt kifelé haladnak. Ezt nevezzük felszedett (pick-up) komponensnek. További szóródás és ütközés nélkül az ilyen ionok sebessége a napszél kétszereséig terjedhet. Bár bizonyos szóródás bekövetkezik, ezek az ionok sebességeloszlásukat és egyszerű ionizációjukat egészen a szuperszonikus napszél végét jelző, valószínűleg igen erős lökéshullámig megőrzik, ahol jelentős részük felgyorsul. Ezt a felgyorsult komponenst, amely nagyrészt még mindig egyszerűen ionizált, anomális kozmikus sugárzásnak nevezzük. A több száz MeV/n-ig terjedő energiájú anomális kozmikus sugárzás ionjainak egy része ezután visszatér a helioszférába, és a belső Naprendszerbe is eljut. A naptevékenység minimuma környékén néhány MeV/n és négyszázszor 10 MeV/n között az anomális He és O fluxusa nagyobb lehet, mint a teljesen ionizált, kozmikus sugárzásból származó ionoké. A naptevékenység maximuma környékén viszont az erősebb szóródás miatt ezek az ionok nem tudnak a belső Naprendszerig hatolni, így napciklussal összefüggő modulációjuk rendkívül erős.

Az anomális komponens a Föld magnetoszférájában is fontos szerepet játszik, mivel az egyszerűen ionizált részecskék a külső légkör atomjaival ütközve könnyen további elektronokat veszítenek, amiktől Larmor-sugaruk lecsökken, és így sokkal könnyebben befogódnak a magnetoszférába, mint a gyakorlatilag teljesen ionizált helioszférikus vagy a kozmikus sugárzást alkotó részecskék.

Részecsketerjedés és -moduláció a helioszférában

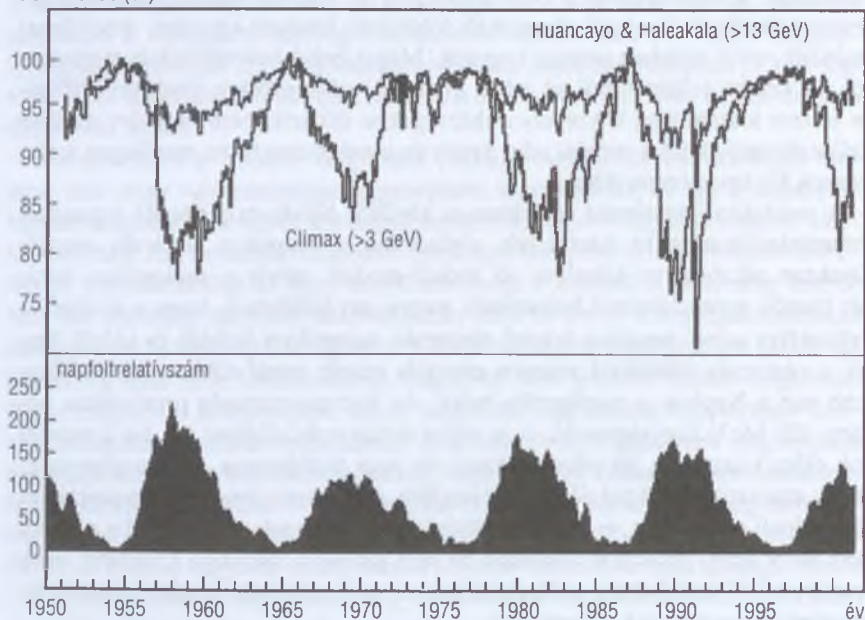
A nagy energiájú részecskék terjedésének vizsgálatát megkönnyíti, ha ismerjük keletkezésük helyét és idejét. Ez a fler eredetű részecskékre gyakran teljesül, mivel a flert különböző elektromágneses frekvenciákon is látjuk, és kisebb mértékben teljesül a koronakitörések lökéshullámában és a bolygók orrhullámaiban felgyorsult részecskékre. Még kevésbé ismerjük az együttforgó kölcsönhatási tartományok és anomális kozmikus sugárzás részecskék keletkezési helyét, és különösen idejét. A terjedési számolások olyan transzport-egyenleteken alapulnak, amelyek figyelembe veszik a napszélben való konvekciót és diffúziót, a táguló napszélben elszenvedett adiabatikus energiacsökkenést, valamint a nagyléptékű mágneses terekben végbemenő sodródási (drift) hatásokat. Ideális esetben a Nap közelében és a külső helioszférában feltételezett forrásokból eredő részecskék földközeli hatásait egyaránt modellezni tudnánk, ettől azonban messze vagyunk. Még a belső helioszférikus mágneses tér jól kimért jellemzőiből az adott energiájú részecskékre érvényes diffúziós tenzor kiszámítása is komoly nehézségekbe ütközik, nem beszélve a külső helioszféráról, ahol a mérési adat kevés és a mágneses térre merőleges terjedésnek fontos szerepe lehet.

A *moduláció* kifejezést általában a kívülről befelé terjedésnél tapasztalt intenzitásváltozásokra használjuk, elsősorban a kozmikus sugárzás esetén. Gyakran alkalmazott közelítés az erőter-modell, amely a helioszféra hatását taszító potenciáltérrel helyettesíti, vagyis azt feltételezi, hogy a kívülről a helioszféra adott pontjára érkező részecske valamilyen helytől és időtől függő, a részecske töltésével arányos energiát veszít; annál többet, minél közelebb van a Naphoz a megfigyelés helye. Az energiaveszteség protonokra néhány 100 MeV nagyságrendű, és a napaktivitás erősödésével nő. Ez a modell sok célra viszonylag jól alkalmazható, de nem tartalmazza az energiaveszteségek statisztikus fluktuációit, a helioszféra nem gömbszimmetrikus szerkezetét, időbeli változásait, valamint a töltésfüggő drift hatásokat. Mivel a néhány száz MeV alatti protonok általában be sem jutnak a földpálya közelébe, ezek spektrumáról legfeljebb a csillagközi gázzal való kölcsönhatásukra mutató jelek alapján nyerhetünk információt.

A napszélnek kb. egy évre van szüksége ahhoz, hogy a helioszféra határáig eljusson. A naptevékenység növekedésekor így elég hosszú idő telik el, amíg a perturbált mágneses terek a külső helioszférában is akadályozzák a részecskék bejutását. A földpálya közelében mért kozmikus sugárzás intenzitás a naptevékenység növekedésével csökken, de a csökkenés bizonyos késleltetéssel következik be. Érdekes, hogy a késleltetés és az intenzitás időfüggése (lapos, illetve csúcsos maximumok megjelenése) eltérő a Nap terének kétféle polaritása esetén, mivel a protonok az egyik esetben főleg a pólusok felől,

a másikon pedig a napegyenlítő síkjához közeli semleges lepel mentén érkeznek. Ez a viselkedés jól megfigyelhető a 6.2. ábrán. Antiprotonokra és elektronokra természetesen a helyzet fordított. A moduláció tényleges időbeli lefolyását erős naptevékenységnél a koronakitörések is befolyásolják, lépcsőszerű szerkezetet adva az intenzitáscsökkenéseknek. A csillagközi intenzitáshoz képest a földpályánál mért 1 GeV energiájú protonok intenzitása átlagosan mintegy háromszor kisebb, 10 GeV körül a különbség már valószínűleg csak néhányszor 10%, 50 GeV fölött pedig a helioszféra gyakorlatilag nem akadályozza a protonok bejutását, bár érkezési irányuk a földpályánál egész más, mint a helioszféra határán. Néhány ezer GeV (néhány TeV) fölött már az irányeltérés sem jelentős.

relatív fluxus (%)



6.2. ábra. Felül a Chicagói Egyetem neutronmonitorainak az 1954-es évre normált beütésszámai, alul a napfoltszám változásai láthatók 1950-től. A kozmikus sugárzás intenzitása a nagy napaktivitás idején alacsonyabb. A változás (vagy moduláció) nagyobb küszöbenergia (> 13 GeV) esetén kisebb. A moduláció jellege páros és páratlan ciklusokban eltérő. [22.]

Galaktikus és extragalaktikus eredetű sugárzás

Megfigyelési módszerek

A kozmikus sugárzás megfigyelése mind a módszerek, mind a helyszínek szempontjából eltér a szokásos csillagászati észlelésektől. Kezdetben zárt tartályokban lévő levegő ionizációja alapján mérték a kozmikus sugárzás intenzitását mind a földfelszínen, mind nagy légköri magasságokban. Később Geiger – Müller-csövek, ködkamrák és fotoemulziók segítségével mérték különálló másodlagos részecskék intenzitását és kölcsönhatásait a tengerszinten, magas hegyeken, ballonokon és repülőgépeken, valamint mély bányákban. Az egyes mérőeszközök ezután bonyolult detektorrendszerekké álltak össze, amelyek egyre nagyobb kiterjedésűek lettek; ilyenek segítségével egyre nagyobb energiájú elsődleges részecskék által kiváltott részecskekaszkádok (szakkifejzéssel kiterjedt légizáporok) gyakoriságát és tulajdonságait tudták mérni. A kozmikus sugárzás főrése intenzitásváltozásainak vizsgálatára majd egyre inkább elterjedtek a müon- és neutrondetektorok. Az űrszondákon elhelyezett műszerek először a Föld közelében, majd egyre nagyobb távolságokig mérték a helioszférikus részecskék és a kozmikus sugárzás tulajdonságait, valamint a távoli forrásokban kölcsönható, nagy energiájú részecskék által keltett rádió-, röntgen- és gammasugárzást. Mély bányákban, majd tavakban, tengerekben és az Antarktisz jegében megjelentek a hatalmas tömegű müon- és neutrínódetektorok. Megszülettek a légköri Cserenkov-detektorok és a kiterjedt légizáporok által a légkörben keltett fluoreszcenciát detektáló „légyszem” típusú detektorok. Előkészületben van a gravitációs sugárzás detektálása is. A legnagyobb energiájú kozmikus sugárzás részecskéinek detektálására már több éve működik Japánban a 100 km^2 -t lefedő *AGASA* detektor, és készül az *Auger-detektor*, amely a déli, majd az északi féltekén is 3000 km^2 -t fed majd le. A szupernóva-neutrínók 1987-ben történt első és mindmáig egyetlen detektálása után fejlesztés alatt áll a Déli-sarkon az az egy köbkilométeres detektor, amelytől más, halványabb csillagászati neutrínóforrások észlelése is várható.

A kozmikus sugárzás főrése

A helioszféra határára érkező kozmikus sugárzás kinetikus energiája körülbelül megegyezik az összes csillagból érkező fényenergiával. Ez nem azt jelenti, hogy a források részecskékben és fényben kibocsátott luminozitása megegyezik, mivel a fény egyenes irányban terjed, míg a kozmikus sugárzás energetikailag meghatározó része több millió vagy tízmillió évet tölt

Tejútrendszerünkben, diffúzióhoz hasonló bolyongást végezve a galaktikus mágneses terekben. Így a Tejútrendszer kozmikus sugárzástól eredő luminozitása 3–4 nagyságrenddel kisebb, a kozmikus sugárzás Tejútrendszerben töltött ideje viszont ugyanennyivel nagyobb, mint a fény esetén. A Tejútrendszeren kívülről érkező fény, és minden bizonnyal az extragalaktikus eredetű kozmikus sugárzás is jóval kisebb energiaáramot hordoz. A Tejútrendszer kozmikus sugárzás-luminozitása becslések szerint $10^{40} - 10^{41}$ erg/s [2., 10.]. Ezt a luminozitást a szupernóvák képesek fedezni, ha többségük részt vesz a gyorsításban, és a bennük felszabaduló kinetikus energia mintegy tizede fordítódik kozmikus sugárzás keltésére. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a szupernóvák a kozmikus sugárzásban eddig észlelt legnagyobb energiáig ($3 \cdot 10^{20}$ eV) is képesek lennének gyorsítani. A közönséges, Naphoz hasonló csillagok járuléka a kozmikus sugárzás keltéséhez elenyészően kicsi, nemcsak az energiaspektrum, de a teljes luminozitás miatt is. A helioszférában keltett nagy energiájú részecskék még adiabatikus energiaveszteségeket is szenvednek; a helioszférából kiszivárgó átlagos luminozitás aligha lehet több 10^{25} erg/s-nál [2.], ami a Tejútrendszerben lévő mintegy 10^{11} csillag számával beszorozva is 4–5 nagyságrenddel elmarad a szükséges értéktől.

Tejútrendszerünknek a kozmikus sugárzási luminozitását a kozmikus sugárzás összetétele alapján, a csillagközi gáz többé-kevésbé ismert mennyiségének felhasználásával határozták meg. A néhány GeV-es kozmikus sugárzás elemösszetétele közvetlen mérésekből elég jól ismert. Az univerzális elemösszetételtől elsősorban amiatt tér el, hogy a kozmikus sugárzás galaxisbeli bolyongása során a csillagközi gáz atomjaival ütközik, és az ütközésben az atommagok egy része széttöredezik. Az eredeti, a galaktikus gyorsítóknak nagyjából univerzális elemgyakoriságokkal létrejött komponenst elsődlegesnek vagy primordiálisnak nevezzük, a törmelékeket másodlagosnak. Az ütközési hatáskeresztmetszeteket és a széttöredezés módját ismerve meg tudjuk határozni, mennyi gázon kellett a kozmikus sugárzásnak áthaladnia, hogy a megfigyelt töredezettséget mutassa. Az áthatolt anyagmennyiséget (vagy oszlopsűrűséget) g/cm^2 egységekben mérjük. Értéke néhány GeV-es energiákon néhány g/cm^2 , ami a Tejútrendszer korongjának gázsűrűségét 1 H atom/cm^3 -nek (azaz $1.6 \cdot 10^{-24} \text{ g/cm}^3$ -nek) véve, és feltételezve, hogy a kozmikus sugárzás a korongot egyenletesen járja be, néhány millió éves tartózkodási időtartamnak felel meg. Az áthatolt anyagmennyiség viszont nem mutatja meg, hogy a Földnél észlelt kozmikus sugárzás a Tejútrendszer milyen részét járta be, nem töltött-e hosszabb időt a fősíktól távol lévő halóban is, ahol a gázsűrűség sokkal kisebb. Az is kérdés, mennyire hatolt be a sokkal nagyobb gázsűrűségű molekulafelhőkbe.

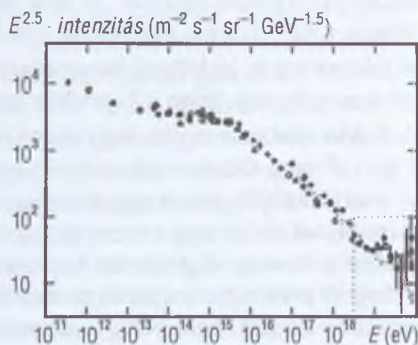
Ezekre a kérdésekre megbízhatóbb választ kapunk, ha az ütközésekben létrejövő töredékek között a kozmikus sugárzás élettartamával összehasonlítható bomlási idejű radioaktív izotópokat is találunk. Legfontosabb a ^{10}Be izotóp, melynek felezési ideje 1.6 millió év. Abból, hogy a keletkezett izotópból mennyi bomlott el, és hogyan függ ez a részecske energiájától, pontosabban meghatározható a kozmikus sugárzás Tejútrendszerben töltött időtartama és annak a gáznak az átlagos sűrűsége, amin áthaladt. A jelenlegi legpontosabb eredmények az Ulysses és *ACE* (Advanced Composition Explorer) űrszonda mérései alapján születtek. Ezek szerint a hozzánk érkező kozmikus sugárzás néhány GeV-es részecskéi mintegy 20 millió évet töltöttek a Tejútrendszerben, és átlagosan $0.15 - 0.4 \text{ atom/cm}^3$ sűrűségű gázon haladtak át. E kis gázsűrűség arra utal, hogy a kozmikus sugárzás a korong mellett a halóban is jelentős időt tölt [11., 12.], és azt legalább 2–3 kpc távolságig kitölti. Fontos az is, hogy a kozmikus sugárzás főrésze nagyrészt nem Tejútrendszerünkön belül nyelődik el, hanem kiszivárog az intergalaktikus térbe. Ellenkező esetben ugyanis sokkal több másodlagos részecske keletkezne. E következtetéseket más radioaktív izotópokon végzett mérések is igazolták.

A kozmikus sugárzás főrészeének eredetével kapcsolatban rendkívül fontos az a nemrégiben tett megállapítás, hogy a kozmikus sugárzás nem szupernóvák frissen szintetizált anyagából gyorsul fel; a nukleoszintézis és a felgyorsulás között legalább százezer év kell, hogy elteljen [13.]. Az eredmény az *ACE* szonda *CRIS* (cosmic ray isotope spectrometer) nevű műszere nagy geometriai faktorának és jó felbontóképességének köszönhető. ^{59}Ni és ^{59}Co gyakoriságát hasonlították össze a kozmikus sugárzásban a különböző várakozásokkal. A nukleoszintézis során nagy mennyiségben keletkező ^{59}Ni csak akkor tud $7.5 \cdot 10^4$ éves felezési idővel K-befogással ^{59}Co izotóppá bomlani, ha a belső elektronhéj legalább egy elektront tartalmaz. Ha a felgyorsulás túl hamar történik, akkor a mag elektronját elveszti, és nincs bomlás. A megfigyelések szerint a bomlás végbement. Legvalószínűbb, hogy a gyorsulás a csillagközi közegből történik a szupernóva által keltett lökéshullámban, így a szupernóva csak az energiát, nem pedig a kozmikus sugárzás anyagát adja. Napjainkban is élénk vitát vált ki az a kérdés, hogy nincs-e fontos szerepe a csillagközi pornak a kozmikus sugárzás felgyorsulásában. A kevésbé illékony, nagyrészt por alakban lévő elemek gyakorisága ugyanis a kozmikus sugárzásban nagyobb, mint az illékony elemeké, és ennek ellenkezőjét várnánk, ha a gyorsítás elsősorban gáz fázisból történne [14.]. Érdekes módon a belső helioszférában is látunk bizonyítékot arra, hogy a pornak (pontosabban a porban elnyelt és abból semleges gázként felszabaduló napszélnek) is fontos szerepe van a gyorsított komponensben [15.].

Energiaspektrum és összetétel

Néhány GeV/n felett az energia növekedésével a másodlagos töredékek részaránya s ezzel együtt a kozmikus sugárzás által a Tejútrendszerben töltött idő is csökken, mégpedig legalább néhány száz GeV/n-ig kb. az energia négyzetgyökével fordított arányban. Ebben az energiatartományban (sőt ennél tovább is, egészen kb. $3 \cdot 10^{15}$ eV-ig, azaz 3 PeV-ig) a kozmikus sugárzás energiaspektruma nagyon jó közelítésben hatványfüggvény, -2.7 kitevővel. Mivel az élettartam -0.5 hatványkitevővel csökken, az eredetileg gyorsított (primordiális) részecskék spektruma, az úgynevezett forrásspektrum meredeksége csak -2.2 . Ez igen közel áll az erős lökéshullámokban várt -2 kitevőhöz. Innen ered az az általános feltételezés, hogy a kozmikus sugárzás gyorsítása egészen 3 PeV-ig szupernóvák lökéshullámában megy végbe. Mint láttuk, a szupernóvák gyakorisága és kinetikus energiája fedezni tudja az ehhez szükséges energiát, bár a robbanás energiájának elég jelentős részét kell a kozmikus sugárzás gyorsítására fordítani. Közvetlen bizonyítékaink sajnos nincsenek. Többek között az is nehézséget jelent, hogy a kozmikus sugárzás tejútrendszerbeli élettartama valóban csökkenhet-e -0.5 hatványkitevővel egészen 3 PeV-ig, hiszen ekkor az élettartam már nem lenne sokkal nagyobb, mint amennyi a Tejútrendszeren való egyszeri áthaladáshoz szükséges, és a források várható aszimmetrikus elhelyezkedése miatt a kozmikus sugárzás irányeloszlásában jelentős aszimmetriát várnánk, de ezt nem látjuk.

A kozmikus sugárzás energiaspektrumában (6.3. ábra) két jól azonosítható töréspont van. Mint említettük, 3 PeV körül a spektrum hatványkitevője 0.4 egységgel meredekebbé válik, majd 10^{19} eV (10 EeV) táján kb. ugyanennyivel laposabbá. Az első töréspont a „térd”, a második a „boka” elnevezést kapta. E két töréspont értelmezése körül ma is sok vita folyik. Kevésbé közismert, hogy legalább ilyen nehéz megérteni azt is, hogy miért jó a hatványfüggvénnyel való közelítés a közben-ső tartományokban. A mért spektrum nagy energiájú vége elég bizonytalan,



6.3. ábra. A nagy energiájú, a helioszféra hatásától már nagymértékben mentes kozmikus sugárzás energiaspektruma. A valódi differenciális intenzitás spektruma igen meredeken esik, ezért azt E egy alkalmas hatványával megszorozva ábrázoljuk. A térd és a boka közelében jól látható a meredekség megváltozása. [23.]

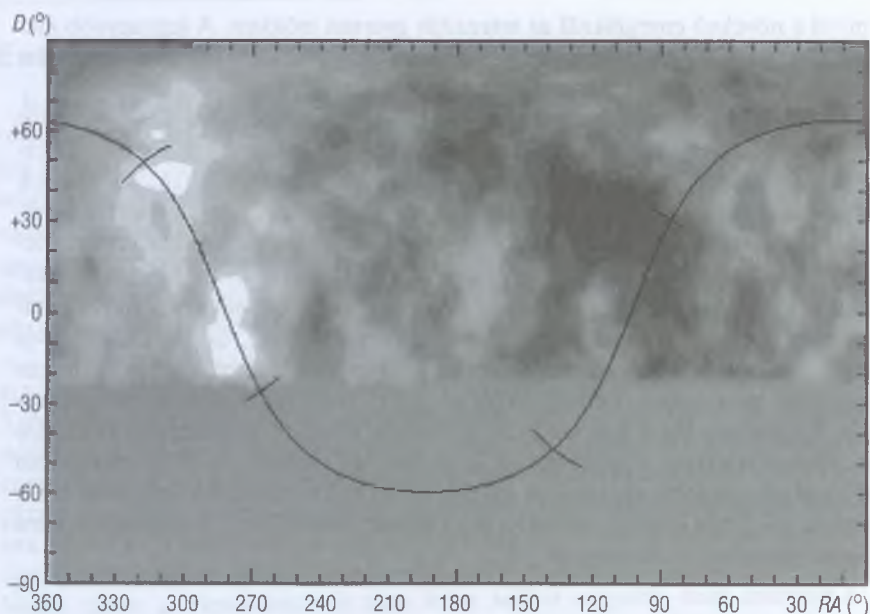
mivel a növekvő energiáknál az intenzitás gyorsan csökken. A legnagyobb észlelt energia 300 EeV, azaz mintegy 50 Joule. Eddig 40 EeV felett mintegy száz, 100 EeV felett pedig tíz eseményt találtak.

A „térd” körüli spektrumváltozást legtöbbször a szupernóva általi gyorsítás hatásfokának csökkenéseként értelmezik. Más lehetőségek: a Tejútrendszerből való kiszivárgás felgyorsulása, esetleg a nagy energiájú kölcsönhatások drasztikus megváltozása. Mindhárom esetben probléma, hogy a spektrum változása miért nem terjed ki nagyobb energiátartományra. További érdekes lehetőséget vet fel A. D. ERLYKIN és A. W. WOLFENDALE [16.], akik szerint egy közeli, talán néhány tízezer évvel ezelőtt felrobbant szupernóva hatása nagy energiákon most kezd elérni Naprendszerünket, és a néhány PeV-es energiátartományban ez a hatás dominálja környezetünkben a teljes kozmikus sugárzás intenzitását. Feltevésükkel a „térd” részletes alakját is megpróbálják értelmezni. Ha e feltevés igaz, a jövőben az egyre alacsonyabb energiájú kozmikus sugárzás intenzitásában is növekedés várható. A 20. század során a jóval alacsonyabb energiákon inkább ellenkező tendenciára van némi bizonyíték [17.], bár a belső helioszférában észlelt csökkenést a moduláció hosszú idejű változásai is okozhatják [18.].

A legnagyobb energiák

A „térd” fölött néhány nagyobb energiájú galaktikus forrás adhatja a fő járulékot, majd fokozatosan beléphetnek az extragalaktikus források. Néhány EeV körül a protonok pályájának görbülete sugara a tipikus galaktikus mágneses terekben már több kpc, ezért ennél lényegesen nagyobb energiájú protonokat Tejútrendszerünk nem tud csapdába ejteni, bár nehéz ionok még kissé nagyobb energiákig is megmaradhatnak. Érdekes, hogy az AGASA kiterjedt légizáport detektáló műszerének adatai 1 és néhány EeV között szignifikánsnak látszó, maximálisan 4%-os anizotrópiát mutatnak [19.], és a Tejútrendszer középpontjának irányából a többenél nagyobb fluxus érkezik (6.4. ábra). Elképzelhető, hogy a többletfluxust elsősorban neutronok okozzák, amelyek könnyen áthatolnak a mágneses téren, és élettartamuk ilyen nagy energiákon már elég ahhoz, hogy 8 kpc távolságból is bomlás nélkül ideérjenek. Nagyobb energiákon az anizotrópia ismét eltűnik, illetve az intenzitás csökkenésével statisztikailag kimutathatatlaná válik. A spektrum 10 EeV-nél, a „boka” környékén ellaposodik, ami az extragalaktikus komponens dominánssá válását jelezheti.

Röviddel az univerzális háttérsugárzás felfedezése után, 1966-ban megjelentek az első dolgozatok, amelyekben K. GREISEN, illetve T. ZATZEPIN és A. KUZMIN kimutatta, hogy a háttérsugárzás léte erősen korlátozza a néhányszor

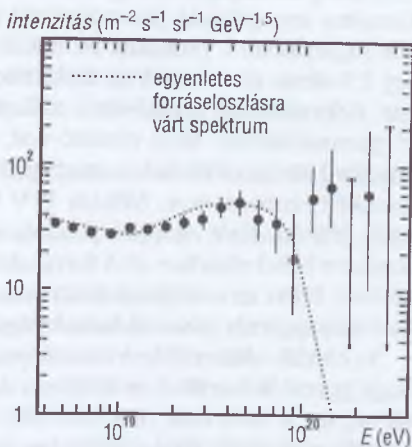


6.4. ábra. A kozmikus sugárzás anizotrópiája néhányszor 10^{18} eV energián. Legnagyobb intenzitás (legvilágosabb terület) a Tejútrendszer középpontja és a Cygnus csillagkép irányában látható, míg az anticentrum irányában hiány mutatkozik (legsötétebb terület). A Japánban végzett mérés nem terjedt ki a -25° alatti deklinációkra.

10 TeV-nél nagyobb energiájú extragalaktikus protonok terjedését (GZK-effektus). Az állítás egyszerű számoláson, a különböző Lorentz-rendszerek ekvivalenciáján és jól ismert pionkeltési hatáskeresztmetszeteken alapul, felhasználva azt a tényt, hogy a foton és a proton tömegközépponti rendszerében ekkor már elegendő energia van pionok keltésére. A várakozás szerint a kozmikus sugárzás intenzitásának mintegy 40 TeV fölött meredeken csökkennie kellene, amit a megfigyelések nem igazoltak, sőt 100 TeV fölött is a vártnál jóval több részecskét találtak (6.5. ábra). Bár a záporokat keltő részecskékről nincs közvetlen információnk, az energiabecslés alsó korlátja megbízhatónak látszik. A legutóbbi időben viszont kétséggé vált, hogy valóban olyan nagy-e a 10^{20} eV felett észlelt fluxus, mint azt az ábrán látható AGASA-eredmények mutatják. A.A. WATSON, a legnagyobb épülő detektorrendszer szóvivője arról számolt be [20.], hogy a záporok keltette légköri fluoreszcenciasugárzást észlelő egyik csoport a korábbi mérések alapján vártnál majdnem egy nagyságrenddel kisebb fluxust talált. Az előzetes eredmény értelmezése folyik. A földi

részecskedetektorokon és a légköri fluoreszcenciasugárzáson alapuló módszerek közötti eltérést sok tényező, így a légkör adott hullámhossztartományban való átlátszósága is befolyásolhatja.

A levágási határnál nagyobb energiájú részecskék jelenlétét az sem indokolja kielégítően, ha protonok helyett nehéz atommagokat feltételezünk, mivel azokat is szétverné a vonatkoztatási rendszerükben fellépő kemény sugárzás. Olyan forrásokról sem tudunk, amelyek ilyen nagy energiájú részecskéket keltenek, de erre azért vannak elképzeléseink. Lehet, hogy nem is gyorsított részecskéket látunk, hanem az ősrobbanás kezdetéről származó, nagy tömegű, semleges részecskék vagy topológikus hibák bomlástermékeit? Csak további megfigyelésekből derülhet ki, hogyan és meddig folytatódik a spektrum. Mivel a jelenleg mért legnagyobb energiáknál már olyan kicsi az intenzitás, hogy egy négyzetkilométerre kb. ezer évenként esik egy részecske, hatalmas detektorokra van szükség. De ha az épülőfélben lévő és már részben működő Auger-



6.5. ábra. Az extrém nagy energiájú kozmikus sugárzás energiaspektruma (a 6.3. ábrán pontozottan téglalappal körülhatárolt tartomány). Ha az Univerzumban a források térben egyenletesen oszlanának el, a kozmikus háttérsugárzáson elszenvedett veszteségek miatt a spektrumban éles levágást várnánk, amit az adatok nem igazolnak. [23.]

detektorrendszerre gondolunk, vagy a műholdakkal távolról való megfigyelések lehetőségeire, optimisták lehetünk. Hiszen Földünk légkörébe az eddig megfigyelt legnagyobb energiájú részecskékből percenként több is érkezik, „csupán” annyi a feladatunk, hogy ezeket valóban észleljük is.

Következtetések

A kozmikus sugárzás eredete a nagy energiájú asztrofizika hosszú idő óta velünk élő problémája, ám megoldása még sok erőfeszítést igényel. A jelenlegi földi gyorsítók energiájának ezerszereséig, néhány PeV-ig a kozmikus sugárzás energiaforrását valószínűleg Tejútrendszerünkben végbemenő szupernóva-robbanások lökéshullámai biztosítják. A kozmikus sugárzás felgyorsulás

közben kialakuló elemösszetétele viszont inkább az intersztelláris közegére emlékeztet, mint a szupernóvákból kidobott anyagéra. A por komponens valószínűleg hatékonyabban gyorsul, mint a gáz. A szupernóvák a kilökött anyag kinetikus energiájának jelentős részét részecskegyorsításra fordítják. A kozmikus sugárzásban a protonok és más atommagok mellett az energia csak mintegy 1%-ában részesülnek az elektronok és pozitronok, és még kisebb arányban a forrásokból érkező és a csillagközi gázzal való ütközésekben keletkező gammafotonok. Mint várható volt, kis mennyiségben a kölcsönhatásokban létrejövő antiprotonokat is megfigyelték, hélium és nehezebb ionok antirészecskéit azonban nem. Néhány PeV felett az energiaspektrum meredekebbé válik. Néhány EeV energián jelentős anizotrópiát észleltek, ami talán a Tejútrendszer belső részében lévő forrásokból kiinduló neutronoktól ered. Mintegy 10 EeV fölött az energiaspektrum ismét laposabb, s nem mutatja az univerzális háttérsugárzás miatt várható levágást.

Az elmúlt néhány évben bebizonyosodott, hogy a kozmikus sugárzás a mai nagy gyorsítók korában is hatékony segédeszköz az elemi részecskék kutatásában, így a neutrínók oszcillációját, illetve zérustól eltérő tömegét éppen a kozmikus sugárzás által a légkörben keltett neutrínók segítségével sikerült kimutatni. Várható, hogy a kifejlesztés alatt álló nagy neutrínódetektorok pár év múlva a különböző csillagászati forrásokból származó nagy energiájú neutrínókat is képesek lesznek detektálni.

Bár a Nap közelében és a helioszférában végbemenő részecskegyorsítási folyamatok nem elég hatékonyak ahhoz, hogy a Naphoz hasonló csillagok a kozmikus sugárzáshoz jelentős járulékot adjanak, maguk az alapfolyamatok valószínűleg sok szempontból hasonlóak. Mivel a helioszférában sokkal részletesebb in situ és távérzékelési méréseket tudunk végezni, várható, hogy e tanulmányok sokat segítenek a kozmikus sugárzás eredetének és terjedésének megértésében is. A helioszféra, mint az óceánból kivett vízcsepp, igen alapos „mikroszkópos” vizsgálatot tesz lehetővé, s elképzelhető, hogy ez végül az alapfolyamatok megértéséhez legalább olyan mértékben járul hozzá, mint a távoli objektumok távcsöves megfigyelése [21.].

Irodalom

- [1.] WILSON C. T. R.: *Cambridge Physical Society Proceedings*, 1901, **68**, 151. o.
- [2.] GINZBURG V. L.: *Physics-Uspekhi*, 1996, **39**, 155. o.
- [3.] AXFORD, W. I.–SUESS, T.: *EOS*, 1994, **75**, 587. o.
- [4.] KIRÁLY P.: *Communications of Konkoly Observatory*, No. 100, 1997, **12**, 277. o.
- [5.] KIRÁLY P. ET AL.: *Proceedings of 25th International Cosmic Ray Conference*, Vol. **2**, 477. o., Durban, 1997.
- [6.] HSIEH, K. C.–SIMPSON, J. A.: *Astrophysical Journal (Letters)*, 1970, **162**, L191.
- [7.] REAMES, D. V.: *Space Science Review*, 1999, **90**, 413. o.
- [8.] TEMERIN, M.–ROTH, I.: *Astrophysical Journal (Letters)*, 1992, **391**, L105.
- [9.] FRISCH, P. C.: *Journal of Geophysical Research*, 2000, **105**, 10279. o.
- [10.] BEREZINSKII, V. S. ET AL.: *Astrophysics of Cosmic Rays*. Ed. V. L. Ginzburg, Amsterdam, North Holland, 1990.
- [11.] WEBBER, W. R.–SOUTUL, A.: *Astrophysical Journal*, 1998, **506**, 335. o.
- [12.] YANASAK, N. E. ET AL.: *Proceedings of 26th International Cosmic Ray Conference*, Vol. **3**, 9. o., Salt Lake City, 1999.
- [13.] WIEDENBECK, M. E. ET AL.: *Astrophysical Journal (Letters)*, 1999, **523**, L61.
- [14.] MEYER, J.-P.–DRURY, L. O'C.–ELLISON, D. C.: *Space Science Review*, 1998, **86**, 179. o.
- [15.] GLOECKLER, G. ET AL.: *J. Geophysical Research*, 2000, **105**, 7459. o.
- [16.] ERLYKIN, A. D. ÉS WOLFENDALE, A. W.: *Astroparticle Physics*, 1998, **8**, 265. o.
- [17.] STOZHOKOV, YU. I.–POKREVSKEY, P. E.–OKHLOPKOV, V. P.: *Journal of Geophysical Research*, 2000, **105**, 9. o.
- [18.] AHLUWALIA, H. S.: *Geophysical Research Letters*, 2000, **27**, 1603. o.
- [19.] HAYASHIDA, N. ET AL.: *Astroparticle Physics*, 1999, **10**, 303. o.
- [20.] WATSON, A.A.: astro-ph/0112474, 2001
- [21.] KIRÁLY, P.: *Journal of Physics G*, 2001, **27**, 1579. o.
- [22.] Az AGASA berendezés honlapja:
www.akeno.icrr.u-tokyo.ac.jp/AGASA/results.html.
- [23.] A Chicagói Egyetem, neutronmonitor:
ulysses.uchicago.edu/NeutronMonitor/Misc/neutron2.html.

Mizser Attila

A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2001 második felében

A korábbi évkönyvekben megjelent egyesületi beszámolóinktól eltérően most csak a 2001-es év második felének fontosabb eredményeit foglaljuk össze. Ezzel szeretnénk szinkronba kerülni a többi intézményi beszámolóval, melyek teljes naptári éveket mutatnak be. 2001 első félévének az MCSE-t érintő eseményeiről a 2002-es csillagászati évkönyvben írtunk.

Polaris Csillagvizsgáló

2001 őszén tovább folytattuk új egyesületi bázisunk átalakítását. Az intézmény előterét — egy mellékhelyiség megszüntetése árán — megnöveltük, továbbá alkalmassá tettük egyesületi és más csillagászati kiadványok árusítására. Az így kialakított „Polaris-bolt” bevétele jelentősen hozzájárult az intézmény fenntartási költségeinek fedezéséhez. Az irodahelyiséget is megnagyobbítottuk, amely így a napi teendők intézéséhez és a folyamatosan bővülő egyesületi könyvtári anyag elhelyezésére egyaránt alkalmassá vált. Október elején fejeztük be az átalakítást, ettől kezdve a Polaris teljes értékű központunkká vált. Újraindítottuk népszerű *keddi előadás-sorozatunkat*, melynek előadásai a következők voltak:

- okt. 2. Különleges távcsövek (Mizser Attila)
- okt. 9. A változócsillagászat kezdetei Magyarországon (dr. Zsoldos Endre)
- okt. 16. Nyakunkon az üstökös! (Sárnecky Krisztián)
- okt. 30. Jégkorszakok a Marson (Kereszturi Ákos)
- nov. 6. Hogyan válasszunk távcsövet? (Babcsán Gábor)
- nov. 13. Látogatás a Center for Astrophysics-ben (Fűrész Gábor)
- nov. 20. A csillagok változó világa (dr. Kiss László)
- nov. 27. Légköroptikai jelenségek (dr. Hegedüs Tibor)
- dec. 4. Az Information Bulletin on Variable Stars — egy csillagászati szaklap a webkorszakban (Holl András)
- dec. 11. A Mars-foltok rejtélye (dr. Horváth András)



7.1. ábra. A „Polaris bolt”

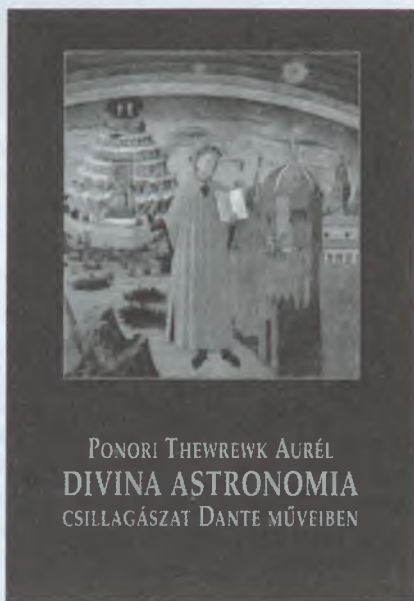
Október-december folyamán csütörtökönként tartottuk ifjúsági csillagászati *sakköri foglalkozásainkat*, melyeket Kereszturi Ákos vezetett.

A nyári hónapokban is folytattuk a *távcsöves bemutatókat*, heti háromszori alkalommal. Az érdekesebb csillagászati eseményekhez kapcsolódóan a médiában is meghirdettük bemutatóinkat, azonban a rossz időjárás mind az augusztus 12-ei (Perseidák meteorraj maximuma), mind a szeptember 23-ai (ősz napéjegyenlőség) bemutatókat megghiúsította. A november 3-ai Szaturnusz-fedést azonban végre ismét viszonylag zavartalan körülmények mellett mutathattuk be; a teraszon elhelyezett videokivetítő és az előadóban a nagyképernyős tévékészülék segítségével mindenki átélhette a fedés nagyszerű élményét. A hideg időjárás ellenére mintegy 80 – 100 érdeklődő kísérté figyelemmel a jelenséget, illetve a kihangosított előadásokat. Ugyanerre a napra hirdettük meg szokásos őszi, *Közelebb a csillagokhoz* elnevezésű országos távcsöves bemutatónkat, melyet számos helyi csoportunk is megtartott.

Kiadványaink

A beszámolási időszakban *Meteor* című folyóiratunk 7–12. számait jelentettük meg. A 7–8-as számot az előző évihez hasonlóan ismét dupla terjedelemben (128 oldal + 8 oldal színes képmelléklet) vehették kézbe tagjaink és olvasóink. Az ilyen dupla számok komoly szerkesztési feladatot rónak ránk, azonban olvasóink körében nagy tetszést aratnak, hiszen a megnövelt oldalszám lehetőséget ad egy-egy téma alaposabb bemutatására (a 2001/7–8. számban hosszabb cikket olvashattunk *Távolságmérés a galaxisok között* címmel, több csillagászati hírt tehettünk közzé, ill. olyan „egzotikus” témákkal is foglalkozhattunk, mint a csillagászati bélyegek vagy képeslapok gyűjtése). Az ismeretterjesztő anyagok vagy a csillagászati érdekességek mellett a hazai amatőr csillagászat leglátványosabb ágazata, az asztro-fotográfia számára is fontos fórum a *Meteor*, az asztrofotósok egyre színvonalasabb felvételeinek a lap képmellékletében is helyet adunk. Az amatőrmozgalom legfontosabb eseményeiről több beszámolót is közöltünk. A *Meteor* 2001/12. számához színes fali naptárat mellékelünk, mely önmagában is nagyon sok hasznos információt hordoz.

Az őszi-téli időszakban két fontos könyvet jelentettünk meg. November elején készült el PONORI THEWREWK AURÉL *Divina astronomia – csillagászat Dante műveiben* című igen érdekes, elmélyült tanulmánya. A szerző a reneszánsz költőfejedlem műveiben fellelhető számtalan csillagászati utalást fejt meg, élvezetes stílusban, sok, az irodalomtörténet számára is érdekes új információt szolgáltatva. A *Meteor csillagászati évkönyv* 2002. évi kötetét sikerült a karácsonyi könyvvásárra megjelentetni. Az évkönyv, mely minden korábbinál nagyobb terjedelemben, 336 oldalon jelent meg, a hagyományokhoz híven számos színvonalas szakmai cikket, ismertetést tartalmaz, és nem csupán az MCSE-ről, hanem számos, hazai csillagászati intézet tevékenységéről is beszámol.



7.2. ábra. A Dante füzet címlapja

Honlapunk, a www.mcse.hu továbbra is hazánk egyik leglátogatottabb „digitális kikötője”. A legjelentősebb fejlesztéseket a Polaris Csillagvizsgáló honlapján valósítottuk meg (folyamatos frissítések, A hónap témája menüpont, észlelések bemutatása stb.)

Táborok, rendezvények

2001 nyarán két nagy táborot bonyolítottunk le. *Ifjúsági táborunkat*, melyet a középiskolás korosztály számára hirdettünk meg, július 20–27. között tartottuk, mátrai törzshelyünkön, az ágasvári turistaházban. A rendkívül rossz, borult, esős idő sajnos az észlelőmunkát alaposan meghiúsította – talán ez volt minden idők legborultabb MCSE-tábora. A napközbeni és az esti szakmai előadások, továbbá a kirándulások (Piszkés-tető, Hollókő, Szécsény) valamelyest feledtették a borultságot, így elmondhatjuk, hogy a mintegy 90 résztvevő nem töltötte haszontalanul az időt Ágasváron.

Hagyományos *távcsöves találkozónkat* 2001-ben először az ifjúsági tábortól térben és időben is különválasztva tartottuk meg Szentléleken, a Bükkben. Az új helyszín sokkal alkalmasabb az autós, távcsöves amatőrök számára, mint a rossz utakon nehezen megközelíthető Ágasvár, így hosszú évek óta először bonyodalmaktól mentes találkozót tudhatunk magunk mögött. A mintegy 250 résztvevő augusztus 17–20. között kulturált körülmények között tájékozódhatott a hazai távcsövekről, kipróbálhatta a táborba elhozott műszereket. A mintegy 750 m-es magasságban található szentléleki Turistapark reményeink szerint a következő években is otthont fog nyújtani a legnagyobb létszámú hazai távcsöves találkozóknak.

Az egyesület egyéb rendezvényei ebben az időszakban jórészt a Polaris Csillagvizsgálóhoz kapcsolódtak (l. a beszámoló Polarisról szóló részét).



7.3. ábra. Az egyesület 38 cm-es Dobson-távcsöve az ágasvári észlelőréten

Költségvetésünk

Egyesületünk anyagi helyzete továbbra is stabil. 2001-ben tovább növeltük bevételeinket, ugyanakkor kiadásainkat igyekeztünk minimalizálni. 2001-es bevételünk elérte a 15.6 millió Ft-ot. A bevételek sorában továbbra is a tagdíjak jelentették a legnagyobb hányadot (6 690 000 Ft), ugyanakkor kiemelkedő volt az SZJA 1%-ából érkezett felajánlások összege (2 501 000 Ft). További jelentősebb bevételeink: kiadványok (1 669 000 Ft), táborok (1 622 000 Ft) és pályázatok (1 470 000 Ft). Egyesületünk 2001 júliusában értékesítette a Telescopium Kft.-ben birtokolt üzletrészét. Legfontosabb támogatóink továbbra is a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma és a Nemzeti Kulturális Alap-program.

Kiadásainkban a legnagyobb tételt a 2001-es évben is a nyomdai költségek jelentették (4 140 000 Ft), majd a kommunikációval kapcsolatos kifizetések (2 187 000 Ft). Táboraink 1 847 000 Ft-ba kerültek, míg a bérek és bérjellegű kiadások (adókkal, járulékokkal együtt) 1 714 000 Ft-ot tettek ki. Kiadásaink teljes összege 13 190 000 Ft volt.

2001 második felében egy polgári szolgálatost — Sárneczky Krisztiánt — alkalmaztunk.

Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe 2003-ra!

Név:

Cím:

Születési dátum: év hó nap

Telefonszám: E-mail:

Aláírás:

A tagdíj összege 4200 Ft, illetmény: a Meteor csillagászati évkönyv 2003 és a Meteor című havi folyóirat 2003-as évfolyama)

A tagdíjat az MCSE címére (1461 Budapest, Pf. 219.)
rózsaszín postautalványon kérjük feladni!

É2003

Ha be szeretne lépni a Magyar Csillagászati Egyesületbe, fénymásolja le a Belépési nyilatkozatot, és kitöltve küldje el az egyesület címére!

Balázs Lajos

Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2001-ben

Kutatási eredmények

A csillagok pulzációja és belső szerkezete

A Budapest–Florida-kód felhasználásával sikeres kísérletet tettünk a pulzáló változócsillagok fejlődése során a pulzáció lefolyásában történő változások, elsősorban a módusváltás és a bifurkációs jelenségek direkt módon történő modellezésére. A vizsgált csillagmodell alapján kapott eredmények (az átmenetek időtartama, lefolyásának módja) közvetlenül igazolták, hogy az amplitúdóegyenletekre épülő korábbi módszer megfelelő a fejlődő modellek vizsgálatára (CSUBRY Z., KOLLÁTH Z.).

Sikerült kifejlesztenünk egy olyan Tcl alapú szkriptnyelvet, melynek segítségével az egydimenziós hidrodinamikai egyenleteket felépítő FORTRAN rutinok megírása automatizálttá válik. Az egyenletek kódolása (felépítés, deriváltak számítása, határfeltételek megadása) az új kóddal igen egyszerű (CSUBRY Z., KOLLÁTH Z.).

RR Lyrae típusú változók: Összegyűjtöttük és publikáltuk az összes hazai vizuális, fotografikus és fotoelektromos mérést az XZ Dra Blazsko-effektust mutató RR Lyrae változóról (több mint 10 000 egyedi pont 70 év alatt). Szakirodalmi adatok együttes feldolgozásával kimutattuk, hogy az elmúlt 70 évben az XZ Dra periódusa ciklikusan változott, kb. 20 éves periódussal. Azt is kimutattuk, hogy a pulzációs periódus és a Blazsko-periódus egymással korreláltnan változik: periódusnövekedés esetén a Blazsko-ciklus hossza is nő (BENKŐ J., JURCSIK J.).

Új periódust és a periódus változását határoztuk meg az SU Draconisra az 1955–2000 közötti időszakra. Kiderült, hogy a leszálló ágban a különböző időszakokban a hibahatárt meghaladó nagyságban eltérnek az észlelt fénygörbék. Mivel az amplitúdó állandó, a jelenség nem Blazsko-effektus. Publikált fénygörbék tanulmányozása során az SS For és a W Crt, szintén meredek leszálló ágú RR Lyrae csillagoknál sikerült hasonló jelenség nyomára bukkanni, de e csillagokra határozott következtetést levonni nem tudtak az észlelők, mert sokkal kevesebb megfigyelési anyaguk volt (BARCZA SZ.).

A véletlen észlelési hiba, észlelések száma és olyan leszármaztatott mennyiségek, mint periódus, fáziszaj között analitikus összefüggést határoztunk meg (BARCZA Sz.).

A mátrai Schmidt-távcsővel az M3 gömbhalmazról készített CCD-felvételek fénygörbe-analízise során meghatároztuk 204 változócsillag periódusát, amplitúdóját, átlagfényességét, színindexét stb. Mintegy tucatnyi változóról ez az első ilyen jellegű vizsgálat (BENKŐ J., JURCSIK J.).

Az M15 gömbhalmazbeli v26 kétmódusú RR Lyrae csillag periódusváltozásának vizsgálata során mindkét módusnál egyidejű, azonos irányú periódusváltozást mutattunk ki (PAPARÓ M.).

Az M3 gömbhalmazban 29 RR Lyrae-ről a HYDRA multifiber spektrográf mérései alapján zajnak mondott 0.2–0.3 dex szórásról kimutattuk, hogy az jól korrelál az általunk mért V fénygörbékből megkapható $[Fe/H]$ értékekkel, vagyis a szórás nem zaj, hanem tényleges effektus (BENKŐ J.).

Az OGLE projekt adatbázisában a Sculptor törpegalaxis több mint 300 változójának analízisével 18 kétmódusú RR Lyrae (RRd) csillagot fedeztünk fel. Előző vizsgálatainkból következik, hogy a Nagy Magellán-felhőben és a galaktikus gömbhalmazokban található RRd csillagok luminozitása és tömege lényegében független a fémtartalomtól. Feltéve, hogy ez a megállapítás a Sculptorban talált RRd változókra is igaz, ezen csillagok átlagos fémessége ($[Fe/H]$ értéke) -1.5 . Ez az érték megegyezik az RRab csillagokra az általunk korábban levezetett empirikus formulával számolt értékkel (KOVÁCS G.).

A MACHO projekt által a Nagy Magellán-felhőben alaplómódusú RR Lyrae csillagokról kapott adatbázis egy részének (mintegy 1500 csillagnak) frekvenciaanalízise alapján vizsgáltuk az amplitúdómodulált csillagok gyakoriságát. Azt kaptuk, hogy a minta kb. 10%-a mutat ilyen viselkedést. Ez az érték 2–3-szor alacsonyabb, mint a régebbi vizsgálatok alapján a galaktikus mezőre, illetve a gömbhalmazokra becsült arány, ugyanakkor 3–4-szer magasabb, mint a Nagy Magellán-felhőben található első felhangú RR Lyrae csillagokra (korábbi vizsgálatok alapján) kapott gyakoriság. A jelenlegi egyszerű modellek egyike sem tudja megmagyarázni az említett tulajdonságokat (KOVÁCS G.).

Megmutattuk, hogy különböző csillagpopulációkból (RR Lyrae, cefeida változókból) és a különböző forrásokból származó megfigyelési adatokból leszármaztatott távolságok konzisztensek, és az ún. „hosszú” távolságskálát támasztják alá, amely a Nagy Magellán-felhőre $18^m.5$ távolságmodulust jósol (KOVÁCS G.).

Az RR Lyrae csillagok instabilitási sávjával kapcsolatos vizsgálataink során a módusszelekció mechanizmusát minden eddiginél részletesebben számoltuk különböző fémtartalmat feltételezve a modellekben. Így – a fejlődési effektusokat is figyelembe véve – az RR Lyrae csillagok alaplómódusának a szín –

fényesség-diagramon jelentkező kék határát a korábbiaknál jobban sikerült visszaadni (CSUBRY Z., KOLLÁTH Z., SZABÓ R.).

Cefeida változók: A Magellán-felhőkben található kettős cefeidák periódus-változásait vizsgálva több fázisugrást találtunk a HV837 O—C-diagramjában. Az ugyancsak kettős rendszerbe tartozó X Lacertae galaktikus cefeida pulzációs periódusa visszatért egy korábban érvényes értékéhez (SZABADOS L.).

δ Scuti változók: Vizsgáltuk, hogy a θ Tucanae spektroszkópiából meghatározott módusai adódhatnak-e a megfigyelés adatsorának rövidségéből. A szintetikus adatsorokban a különböző szegmensek alapján 25%-os amplitúdóváltozás adódott, ami megkérdőjelezi az irodalomban gyakran, rövid adatsorok alapján publikált amplitúdóváltozásokat. A θ Tucanae kettősségéből adódó átlagfényesség-változás vizsgálata közben nyilvánvalóvá vált, hogy a pályaperiódushoz kapcsolódó karakterisztikus idő — ami a csillag elliptikus alakváltozásához kapcsolódik — rezonáns viselkedést mutat a domináns pulzációs periódussal (PAPARÓ M.).

Megállapítottuk, hogy a GSC 8527—373 több módusban pulzáló δ Scuti csillag. Kimutattuk, hogy nemradiális módusban is rezeg (PÓCS M., SZEIDL B.).

Hosszú megfigyelési adatsor áll rendelkezésre az RV Ari nagy amplitúdójú δ Scuti csillagról. Analízisünk alapján a csillag alpmódusa igen lassan változik, ami megfelel az elméleti várakozásnak (PÓCS M., SZEIDL B.).

A STACC (Small Telescopes Array with CCD Cameras) 1998-as nemzetközi fotometriai kampányában két piszkéstetői teleszkóppal észleltük a BN és BV Cnc δ Scuti csillagokat a Praesepe nyílthalmazban. Az adatokat feldolgozva BN Cnc esetében hat, míg a BV Cnc csillagnál négy pulzációs módot sikerült azonosítani (BARCZA SZ., BENKŐ J., NUSPL J., SZABÓ R.).

Húszt pulzációs frekvenciát és ezek nyolc lineáris kombinációját azonosítottuk a BI CMI változócsillagban. Az egyik frekvenciaérték szokatlanul alacsony, ami g-módusra utalhat. A csillag azért érdekes, mert egyidejűleg δ Scuti (p-módusokkal rezgő) és γ Dor típusú (g-módusú pulzátor) is lehet (SZABÓ R.).

Félszabályos változók: Kifejlesztettünk egy programcsomagot az idő-frekvencia-eloszlások alkalmazására (IKTA projekt). A programot sikeresen alkalmaztuk félszabályos és Mira csillagok (SX Her, R UMi, V CVn és RS Cyg) fénygörbéjére. Mindegyik csillagnál erős frekvenciamodulációt tapasztaltunk a pulzációs módus felharmonikusainál. Ez összhangban van azzal a feltételezésünkkel, hogy a félszabályos változások háttérében a módusok 1:2 rezonanciához közeli kölcsönhatása áll (KOLLÁTH Z.).

Aktív jelenségek csillagok légkörében

Befejeztük a σ Gem aktív óriáscsillag spektroszkópai modellezését. A csillag felszínéről a CaI 6439 és az FeI 6430 vonalain végzett, valamint szimultán fotometriai mérések felhasználásával három domináns foltos területet találtunk, illetve a vas vonalának vizsgálata valamivel finomabb felbontásban további részleteket is mutatott. Ez utóbbi segítségével – idősorban vizsgálva a Doppler-képeket –, a foltok nyomon követésével megpróbáltunk következtetni a felszíni differenciális rotációra. Szisztematikus foltmigráció nyomait találtuk (KÖVÁRI Zs., OLÁH K.).

Az UZ Lib aktív óriáscsillag spektroszkópai modellezését befejeztük. Rendkívül érdekes a foltok nagymértékű stabilitása a megfigyelt hét év alatt: a pólus mindvégig foltos volt, és két nagyobb aktív terület volt állandóan jelen. Nem találtunk meggyőző bizonyítékot a differenciális rotációra. Az UZ Lib 40 fénygörbéjét is modelleztük. A fénygörbék stabil kétminimumos alakot mutattak, összhangban a spektroszkópiából nyert eredményekkel: két folt(csoport)ot találtunk, a kettős másodkomponense irányában és attól 180° -ra. Valószínűsíthető, hogy az UZ Lib Hipparcos által mért távolsága rossz, mert a kettős rendszer abszolút paramétereivel (rotáció, pálya, sugár) ellentmondásban van. A hiba oka valószínűleg az UZ Lib kettős mivoltában keresendő (KÖVÁRI Zs., OLÁH K.).

A V861 Her VRI fénygörbéjének analizisével sötét, illetve világos foltok jelenlétét mutattuk ki a rendszerben (CSIZMADIA Sz., PATKÓS L.).

A TT Ari nóvaszerű változó nemzetközi együttműködés keretében végzett kutatásának jelenlegi állása szerint a rendszer fényváltozásai kváziperiodikus oszcillációk, melyek periódusa 15 és 30 perc közötti. A több évtizedes mérések szerint a periódusváltozásoknak nincs határozott iránya. Jellemző, hogy bizonyos frekvenciák időről időre megerősödnek, majd háttérbe szorulnak. Az általunk kidolgozott modell szerint a fotometriai és a spektroszkópai periódusok különbsége az akkréciós korong és a vörös törpe kísérő egymáshoz viszonyított helyzetének megváltozásával magyarázható (PATKÓS L.).

Napaktivitás

A mágneses helicitás vizsgálata során meghatároztuk két szoláris aktív vidék (NOAA 7978 és NOAA 8100) helicitástartalmát a koronától a bolygóközi térig, születésüktől mágneses terük teljes széteséséig. Kimutattuk, hogy ezen két, koronakitöréseket is produkáló aktív vidék esetében a differenciális rotáció és a fotoszférikus nyíró mozgások által keltett helicitás nem elegendő arra, hogy fedezze a hat, illetve öt szoláris rotáció alatt diagnosztizált koronahelicitást és a koronakitörések által elvitt helicitás mennyiségét (VAN DRIEL-GESZTELYI L., KÖVÁRI Zs.).

A flerek és koronakitörések régóta vitatott kapcsolatát vizsgálva kimutattuk, hogy nagy flerek nem válnak szükségszerűen koronakitörésekké. A fler mágneses topológiája és nem az általa felszabadított energia a döntő abban, hogy egy fler eruptív vagy sem (VAN DRIEL-GESZTELYI L., KÓVÁRI ZS.).

A NOAA 6555 aktív vidék példáján kimutattuk, hogy a napfoltok penumbrájának külső határát a mágneses tér abszolút értéke határozza meg, a penumbra határa a kb. 0.075 T izogauss mentén húzódik. Ez az érték megfelel az ekvipartíciós térerősségnek a penumbra mágneses tere és a turbulens konvektív mozgások között. Az eredményre elméleti magyarázatot is sikerült találni (KÁLMÁN B.).

Folytattuk a bipoláris aktív vidékek dőlésszögének tanulmányozását. A 3756 foltcsoporton alapuló vizsgálat során kimutattuk, hogy a bipoláris jellegű foltcsoportok fennállásuk alatt mindvégig megtartják a már megkezdett – és minden bizonnyal a Coriolis-erő miatti – forgásuk irányát és szögsebességét (GERLEI O., TÓTH L.).

Az idő–frekvencia-eloszlások alkalmazásával korábban nem ismert komponenseket és szabályszerűségeket ismertünk fel a napfoltszám változásában. Az elmúlt 50 év folyamán a 11 éves Schwabe- és a 100 év nagyságrendű Gleissberg-periodicitáson kívül legalább még egy periodicitás jelen van. A Gleissberg-periódus időben változik. Ez egyformán megfigyelhető a napfoltszámok havi átlagainak vizsgálatából és csak a maximumokhoz illesztett burkolóból is. Ez a tény lehetővé teszi, hogy a sarkifény-megfigyelések segítségével az elmúlt 500 évre kiterjesszük a vizsgálatokat. Egyes maximumoknál kimutatható egy kb. 2 év periódusú változás. Ez mindössze 5–6 évig marad fenn, és a frekvenciája az élettartama alatt kétszeresére növekszik. A komponens kezdete egy éven belül megegyezik a maximum időpontjával, s valószínűleg a Nap mágneses polaritásának változása hozza létre a jelenséget (KOLLÁTH Z.).

Kimutattuk, hogy a Nap magja termikusan stabil a belső fluktuációkból eredő perturbációkra, de metastabil a külső, véges amplitudójú perturbációkra, például amelyeket a Nap tehetetlenségi mozgása idéz elő a Naprendszer tömegközéppontja körül. A metastabilitás becslült mértéke nemcsak ahhoz elegendő, hogy a napmag < 100 éves változásaira vezessen, hanem arra is, hogy a külső perturbációk által létrehozott forró buborékok elérjék a Nap felszínét. Számításaink szerint a buborékok a fotoszférában a helyi hangsebességet is elérhetik, és így közvetlen kapcsolat állhat fenn a napmag termikus metastabilitása és a felszíni naptevékenység között (GRANDPIERRE A.).

A szoláris plazmaáramok további geoeffektív sajátosságait sikerült kimutatni. A Russell – McPherron-effektus elsősorban azokban az években hatásos, melyekben a Föld és a Nap dipóltere ellentétes irányú, viszont azt találtuk, hogy a koronakitörések hatásának idején az effektus a parallel években jelentkezik.

Ennek valószínűleg a koronakitörések helikális topológiája az oka (BARANYI T., LUDMÁNY A.).

A POLAR műholdon elhelyezett PIXIE röntgenkamera és a Kanadai Meteorológiai Szolgálat adatait felhasználva összefüggést mutattunk ki a sarkifény-zónát érő szoláris eredetű részecskezápörök és az alattuk elterülő légköri képződmények viselkedése között. (TÓTH L.).

Befejeztük a Debrecen Photoheliographic Data katalógust az 1988. évre, és kiadtuk a FITS képeket tartalmazó CD-vel együtt. A katalógust készítő programjainkat alkalmassá tettük a SOHO/MIDI felvételek feldolgozására is (BARANYI T., GYÖRI L.).

A Kalocsai Haynald Observatórium 6221 fotoszférarajzát tartalmazó digitális adatbázis teljes egészében elkészült és honlapunkon keresztül elérhető (GERLEI O., TÓTH L.).

A Tejútrendszer szerkezete és kozmogóniája

Spektroszkópiai mérések alapján meghatároztuk az Orion–Eridanus-buborék hozzánk legközelebbi falán található IC 2118 csillagkeletkezési terület fősorozat előtti csillagainak színképtípusát. A spektroszkópiai adatokat a 2MASS Second Incremental Release Catalog adataival kiegészítve meghatároztuk a csillagok helyét a HRD-n, azaz tömegüket és korukat. Ezeket a csillagokat az Orion OB1 asszociáció körüli táguló buborék és a magas galaktikus szélességű, kis diffúz molekulafelhők ütközése hozta létre (KUN M.).

A Lynds 1340 ammóniamagjainak fizikai tulajdonságai a szénmonoxid-mérésekkel összehasonlítva összhangban vannak azzal az elképzeléssel, hogy a sűrű felhőmagokat szuperszonikus turbulencia által keltett lökéshullámok hozzák létre. A Lynds 1340 $H\alpha$ -emissziós csillagainak spektroszkópiai utánkövetése megmutatta, hogy ebben a felhőben az objektívprizmás felvételeken talált $H\alpha$ -csillagok Herbig Ae/Be csillagok, azaz 2–8 naptömegű, fősorozat előtti csillagok (KUN M.).

Az ISO mesterséges hold ISOPHOT–S spektrométerét felhasználva szilárd halmazállapotú ammónia után kutattunk 10 mélyen porba ágyazott fiatal csillag irányában. Négy színképben találtunk $9.0\ \mu\text{m}$ hullámhosszon az NH_3 -ra utaló gyenge jelet, ami azt mutatja, hogy az ammónia viszonylag gyakori összetevője lehet a csillagközi porszemcsék jégburkának (ÁBRAHÁM P.).

Az SS433 röntgenkettős-rendszert négy különböző keringési fázisában észlelte az ISO. Az ISOPHOT-S spektrométer mérései alátámasztják azt a hipotézist, hogy a kísérő Wolf–Rayet típusú csillag rendkívül erős tömegvesztéssel (ÁBRAHÁM P.).

Analizáltuk a távoli infravörös cirrusz kis skálájú szerkezetének ISOPHOT térképeit, és kimutattuk a Fourier-teljesítményspektrumok spektrálindeksének

fényesség- és hullámhosszfüggését. Meghatároztuk a távoli infravörös cirrusz konfúziós zajt és egy új módszert használva a fényességfüggés alapján szeparáltuk azt a kozmikus távoli infravörös háttér fluktuációitól (ÁBRAHÁM P., KISS Cs.).

Befejeztük a második galaktikus negyedben a csillagközi anyag nagyléptékű, csillagszelek, illetve szupernóva-robbanások által kialakított szerkezetének vizsgálatát távoli infravörös adatok alapján. Minden eddigi felmérésnél több infravörös hurkot azonosítottunk ebben a galaktikus negyedben. Részletesen megvizsgáltunk (optikai, rádió- és infravörös adatok segítségével) egy csillagszélbuborékot a Cas OB5 asszociáció körül (KISS Cs.).

A ρ Ophiuchi molekulafelhőről extinkciótérképet készítettünk a 2MASS nyilvános, közeli infravörös adatbázisát (Second Incremental Catalogue, IPAC) felhasználva, J, H, K csillagszámlálások alapján. Egy csak mezőcsillagokat tartalmazó csillagmintán multifraktál analízist végeztünk. Ennek eredményeképpen a ρ Ophiuchi por/gáz sűrűségszerkezetére egy lehetséges modellt kaptunk, amelyből levezethető a lokális térkitöltés változása a felhőben, valamint becslés adható a beágyazott csillagok kezdeti tömegfüggvényére (VAVREK R.).

B, V, R, I csillagszámok, illetve egy a maximum likelihood elven működő, erre a célra kifejlesztett program felhasználásával becslést adtunk a Lynds 1251 porfelhő távolságára, valamint meghatároztuk a csillagközi por térbeli eloszlását. Megmutattuk, hogy a felhő „fej” része jól modellezhető egy politrop Schuster-gömbbel (BALÁZS L.).

A felsőlégkör szerkezete

Megvizsgáltuk, hogy milyen lehetőségek vannak a Föld felsőlégkörének sűrűségváltozását leíró modellek javítására, minthogy a modellek eltérése a mérésektől bizonyos időszakokban vagy helyeken eléri a 30–40%-ot az általában jellemző 5–15% helyett. Az 5–15% eltérés a felsőlégkörben állandóan jelenlévő sűrűségi hullámoknak tulajdonítható, ami azt jelenti, hogy a modellek ebben a vonatkozásban nem javíthatók. Az időben vagy térben lokális nagyobb eltérések az őket okozó fűtések fizikai tulajdonságainak figyelembevételével még adnak modelljavításra lehetőséget. Egy korábban kapott eredmény alapján a geomágnesesen zavart napokon a Napból származó részecskék által közvetített energia nemcsak a pólusokon jut be a felsőlégkörbe, hanem az egyenlítő környékén is. Tehát a magnetoszféra-fűtésnek két forrása van: a pólusok környékén a vihar főfázisa idején, és az egyenlítő környékén a gyűrűáram következtében a vihar főfázisában és az azt követő felbomlási szakaszban. A másik jelenség, amelyet az általunk használt megfigyelési anyag is

jelzett, a kompressziós fűtés a szubszoláris ponttal ellentétes oldalon (ALMÁR I., ILLÉS E.)

Az előző évben már ismertetett jelenség (sűrűségi hullámok amplitúdójának ugrásszerű változása bizonyos magasságon) okát keresve arra a következtetésre jutottunk, hogy az amplitúdó hirtelen megnövekedése a magassággal konvektív instabilitás következménye lehet (ALMÁR I., ILLÉS E.).

Egyéb témák

Fedési kettősök: a fedési térképezés módszerének módosított változatát alkalmaztuk fedési kettősökre, így tanulmányozni lehet az egyik komponens pulzációja esetén fellépő fotometriai effektusokat is (NUSPL J.).

Tíz fedési változócsillag (IM Aur, TV Cas, AH Cnc, ES Cnc, EV Cnc, V861 Her, XZ Leo, V404 Lyr, AH Tau, EQ Tau) összesen 19 minimum időpontját határoztuk meg (CSIZMADIA Sz.).

Új periódust adtunk meg az AQ Comae Berenices W UMa-csillagra és az első CCD-fénygörbét közöltük az irodalomban. A periódus, szín és az abszolút fényesség közötti összefüggésből meghatároztuk a rendszer távolságát (CSIZMADIA Sz.).

Módszert dolgoztunk ki, amely a fénygörbe modellezésével, valamint a Barnes–Evans-reláció és a dinamikus parallaxis kombinálásával néhány százalék pontossággal megadja az érintkező kettőscsillagok tömegét, sugarát és távolságát. A világ jelenlegi műszerezettségét tekintve a W UMa típusú csillagok nagyon pontos elsődleges távolságindikátorként szolgálhatnak 6 Mpc távolságig (CSIZMADIA Sz.).

Kimértük a 44 Boo, BI CVn, CE Leo és TY UMa $V-R_G$ színindexeit maximális fényességükhöz közel, fizikai paramétereik meghatározása céljából. Az előző eljárással meghatároztuk távolságukat. A mintában két olyan csillag is szerepelt, amelyre a Hipparcos műhold trigonometrikus parallaxist mért. A BI CVn általunk meghatározott távolsága a Hipparcos-félével jól egyezik, míg a 44 Boo-ra jelentősen eltérő érték adódott, amit egy harmadik komponens jelenléte okozhat (CSIZMADIA Sz.).

A Naprendszer kisebb égitestjei: Folytatódott az üstökösök fizikai tulajdonságainak (méret, alak, albedó, szín, forgási periódus, aktivitási paraméterek) vizsgálata a Hubble-űrteleszkóp (HST) nagyfelbontású és kitűnő optikai minőségű új bolygókamerájának segítségével. Sikeresen detektáltuk 10 rövid keringési idejű üstökös magját 2000/2001-ben, a HST 9. megfigyelési ciklusa keretében. Méretüket, nagyléptékű spektrális tulajdonságaikat sikerült meghatározni. Megalapozottnak látszik az a feltételezés, hogy a rövid keringési idejű üstökösök legnagyobb része a Kuiper-övből ered, illetve a kentaurokkal hozható evolúciós kapcsolatba (TÓTH I.).

A Deep Space 1 szondának a Borelly-üstökös magjáról készített felvételein látható porkiáramlások is alátámasztják azt a korábbi hipotézisünket, hogy az üstökösök magját alkotó szubmagok keménysége és/vagy illóanyag-tartalma különböző lehet (ILLÉS E.).

2000-ben a C/1999 S4 (LINEAR) üstökös szétesése következtében megfigyelhetővé vált üstökösrag fragmentumokat figyeltünk meg a HST és a VLT (Very Large Telescope) segítségével. A meghatározható méretű fragmentumok átmérője (gömb alakot és 4% geometriai albedót feltételezve) 70–110 m körüli. Több tucat kisebb fragmentum is felismerhető a HST-képeken. Megvizsgáltunk egy a felbomlási folyamatot erősítő lehetséges effektust: az interplanetáris térben levő kisbolygópályák mentén szétszórt törmelékanyaggal való ütközések hatását (TÓTH I.).

A piszkéstetői RCC-teleszkóp CCD-kamerájával egy újabb nemzetközi észlelőkampány keretében többszín-fotometriai megfigyelést végeztünk a MUSES-C japán–amerikai projekt legújabban kijelölt fő célpontjáról, az 1998 SF36 kisbolygóról. Foglalkoztunk a szétdarabolódott Evans–Drinkwater (C/1996 J1) üstökös magtöredékeiről készült felvételek feldolgozásával. Vizsgáltuk a megfigyelhető két magtöredék körüli kómák tulajdonságait (TÓTH I.).

Üstökösragok, kisbolygók, kentaurok és transzneptun objektumok belső szerkezetének és paramétereinek becslésére összehasonlítottuk ezen objektumok forgási tulajdonságait az elméleti modellekkel, és a rendelkezésre álló szelektált megfigyelési anyaggal, gömbszerű, illetve kéttengelyű ellipszoid alakú testeket feltételezve (TÓTH I.).

Felszíni alakzatok a Marson: A Mars Global Surveyor (MGS) több mint kétszáz nagyfelbontású képének vizsgálata alapján a déli sarkvidéken felfedezett téli-tavaszi sötét dűnefoltok kiváltó okaként kidolgoztunk egy lehetséges biológiai modellt a feltételezett marsfelszíni organizmusok tevékenységére (HORVÁTH A.).

Felvetettünk egy magyarázatot arra, hogy egy, a Mars világos felszínén az MGS által lefényképezett sötét kőhalmaz meteorikus eredetű lehet (ILLÉS E.).

Gammafelvillanások: A multifraktál analízis mellett a teljes éggömbre kiterjesztve alkalmaztuk a Voronoi-tesszeláció és a minimális kifeszítő fa térbeli statisztikai eljárásokat. Ezen hatékonynak mondható módszerekkel vizsgáltuk a kozmikus gammafelvillanások szögeloszlását. Új, a származtatott statisztikák szempontjából hatékonyabb eljárásokat dolgoztunk ki a szignifikanciaszintek megállapításához (BALÁZS L., VAVREK R.).

Csillagászat a régészetben: Tájolási vizsgálataink alátámasztják, hogy a kámai (rom)templom a XI. században épült, korábban, mint a hozzá csatlakozó

kolostor. Ugyancsak tájolással adódott az az eredmény, hogy a Kárpát-medencei rézkori társadalom többértű tagozódású volt (BARLAI K.).

Csillagásztörténet: Zách János Ferenc élete évek óta tudománytörténeti kutatásaink középpontjában van. Ennek oka az, hogy a manapság mindennapos tudományos konferenciák rendezését, közös tudományos programok megszervezését a csillagászat terén ő kezdeményezte. Eddig a róla szóló könyv első két fejezete készült el (VARGHA M.).

Az elmúlt esztendőben rendeztük kiadásra az 1998-ban megjelent Konkoly Observatory Chronicle című kiadványunk magyar nyelvű változatát (VARGHA M.).

Folytattuk a Kövesligethy Radó tevékenységével kapcsolatos kutatásokat (ZSOLDOS E.).

SETI: A 2000-ben javasolt riói skálát — egy esetleges ETI-felfedezés hatásainak becslésére — továbbfejlesztettük. (ALMÁR I.).

Asztronautikai terminológia: kidolgoztuk a jelenlegi IAA Multilingual Space Dictionary továbbfejlesztésének lehetőségeit és feltételeit (ALMÁR I.).

Publikációk

A beszámolási időszakban eredményeinket 102 tudományos közleményben jelentettük meg, közülük 54-et idegen nyelvű folyóiratban, illetve 41-et nemzetközi együttműködésben.

Hazai (egyetemi) kapcsolatok

A semleges felsőlégkör és az ionosféra kapcsolatának kutatásában együttműködünk a soproni GGKI-vel. A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témák vezetésével. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

ELTE-n: Előadás: Általános csillagászat III–V., Asztrostatisztika I–II., A csillagkeletkezés alapjai, Csillagaktivitás — aktív csillagok II., Csillagléggörök fizikája, Asztrofizika V., Csillagrendszerek dinamikája I–II., Műszertechnika IV., Csillagásztörténet II., Nemradiális pulzáció: a jövő kihívása, Szférikus csillagászat régészeti alkalmazása, Összehasonlító planetológia, Bioasztronómia, A csillagászat elemei, A csillagközi anyag fizikája, Csillagszerkezet és csillagfejlődés, A csillagpulzáció modellezése.

Gyakorlat: Csillagászat (II. éves térképészeknek), Bevezetés a csillagászatba (I–II. éves csillagászoknak), Mérési gyakorlat (asztrofizika szakirányú IV. éves fizikusoknak).

DTE-n: Előadás: Bevezetés az űrfizikába.

SZTE-n: Előadás: Galaktikus csillagászat, Általános csillagászat, Űrcsillagászat.

2001-ben is sor került az ELTE-vel közös rendezésében a doktoranduszok konferenciájára, amelyen pályakezdő kollégáink munkájukról, eredményeikről igen színvonalas előadásokban adtak számot.

Nemzetközi kapcsolatok

A beszámolási időszakban az alábbi nemzetközi együttműködésekben vetünk részt: ESA-val kötött PRODEX-megállapodás a budapesti ISOPHOT alközpont működtetésére, MTA–OTKA–NSF projekt (a Floridai Egyetemmel), MTA–JSPS projekt (a Nagoyai Egyetemmel), francia–magyar, német–magyar és olasz–magyar TÉT együttműködés, részvétel a MACHO-programban, bolgár–magyar, egyiptomi–magyar, észt–magyar, lengyel–magyar, mexikói–magyar (CONACYT), orosz–magyar akadémiai együttműködés. A DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében a következő obszervatóriumokból kaptunk észleléseket: Kiszlovodszk (Oroszország), Abastumani (Grúzia), Ebro (Spanyolország),

Továbbra is aktívan részt vettünk a nyugat-európai DENIS projekt munkáiban. Rendszeres kapcsolatot tartunk fenn a floridai (USA), a villanovai (USA), a Vanderbilt (USA), a prágai (Csehország), a nagoyai (Japán) és római (Olaszország) egyetemmel, valamint a varsói (Lengyelország), heidelbergi (NSZK), potsdami (NSZK), armagh-i (Észak-Írország), kanzelhöhei (Ausztria), bécsi (Ausztria), marseille-i (Franciaország), meudoni (Franciaország), aarhusi (Dánia) és pulkovói (Oroszország) csillagászati intézetekkel.

A Nemzetközi Csillagászati Unió megbízásából az intézet kutatói szerkesztik az Internet hálózaton keresztül elektronikusan is elérhető IAU Information Bulletin on Variable Stars kiadványt, amelynek korábbi számait CD-n is kiadtuk (az első CD-ROM-on a bulletin 1–4000., a másodikon a 4001–5000. számaival). Ugyancsak az IAU megbízásából folytattuk a most már elektronikusan is elérhető Debrecen Photoheliographic Results katalógus készítését.

Mind a napfizikában, mind a változócsillagászatban kutatóink rendszeresen részt vettek nemzetközi észlelési kampányokban. Az intézet továbbra is otthont adott a Naprendszer kisebb égitestjeinek adatait tartalmazó NASA-adatbázisnak.

Műszaki fejlesztés, számítástechnika

Pályázati pénzből beszereztünk egy Princeton Instruments VersArray 1300B ultraibolya tartományban is érzékeny (hátról megvilágított) CCD-kamerát,

amellyel az U színtartományban az érzékenység a korábbihoz képest mintegy háromszorosára növekszik.

A számítástechnikai rendszer két kisebb Sun-munkaállomással (Sun Ultra 10) és egy videoprojektorral gyarapodott.

Az intézet személyi állománya

A 2000. december 31-i létszámhoz képest az alábbi változások történtek:

Intézetünk állományába került: Csabry Zoltán, Domsa István, Kiss Csaba, Kiss Ottó, Körmendi Jenő, Szabó Orsolya (Budapest), Kiss Józsefné (Debrecen).

Intézetünkől távozott: Bartus János, Frontó András, Küller Lajos, ifj. Küller Lajos, Pócs Mihály, Vavrek Roland (Budapest), Baráth Béláné, Lengyel István (Debrecen), Smíró Ferencné (mátrai állomás).

Érdi Bálint

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2001-ben

Személyi állomány

A Tanszék személyi állománya az előző beszámolási időszakhoz képest nem változott. Tanszékvezető: Érdi Bálint egyetemi tanár. A Tanszék munkatársai: Balázs Béla egyetemi tanár, Petrovay Kristóf egyetemi docens, Tóth L. Viktor egyetemi adjunktus, Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus. Tóth L. Viktor az év első felében a Helsinki Egyetem Csillagászati Tanszékén, majd őszől Heidelbergben, a Max Planck Institutban dolgozott. Oktatói feladatainak helyettesítésére Sándor Zsolt kapott tanársegédként megbízást.

Doktorandusz hallgatók: Forgácsné Dajka Emese, Kiss Zoltán, Könyves Vera, Marik Dániel, Moór Attila. Marik Dániel az év nagy részét Peregrinatio illetve ERASMUS ösztöndíjjal a Sheffieldi Egyetemen töltötte.

Oktatás

A tanszék oktatási tevékenysége az eddigi gyakorlatnak megfelelően folytatódott, erről részletes leírás a korábbi csillagászati évkönyvekben található. Az oktatással kapcsolatos további információk a tanszék honlapján¹ érhetők el.

A beszámolási időszakban a következő hallgatók tettek csillagászatból záróvizsgát: Barnaföldi Gergely, Czinner Viktor, Kiss Zoltán, Kemény Dániel, Könyves Vera, Lauer Zoltán, Ribárik Gábor, Szarka Andrea, Tárjányi Attila.

Kutatás

Szoláris magneto-hidrodinamika.

A projekt tagjai: Petrovay Kristóf (témavezető), Forgácsné Dajka Emese, Marik Dániel, Varga Emese. Külső munkatársak: Robert von Fáy-Siebenbürgen (Sheffield), Kerekes Andrea egyetemi hallgató.

1. A Csillagászati Tanszék honlapja az astro.elte.hu címen található.

A szoláris tachoklínára vonatkozó korábbi modellünket kiterjesztettük, figyelembe véve a meridionális cirkulációt és a poloidális mágneses tér önkonzisztens fejlődését. A kapott eredmények megerősítették a korábbi egyszerűsített modell eredményeit. A paramétertér feltérképezése során azt találtuk, hogy a szükséges térerősség a mágneses diffuzivitással, a mágneses Prandtl-számmal, és az egyenlítő felé irányuló cirkulációs sebességgel nő. (FORGÁCS-NÉ DAJKA E., PETROVAY K.)

A Parker-féle határfelületi dinamómodellt általánosítottuk arra az esetre, ha a konvektív zónában meridionális áramlás van jelen. Az eredményeknek fontos következményei vannak a naptevékenység eredetét illetően. A kapcsolódó analitikus számítások jó részét Kerekes Andrea végezte el, diplomamunkája keretében. (KEREKES A., PETROVAY K.)

Folytattuk az alsó túllövési réteg modellezését Reynolds-feszültséges módszerrel. Korábbi modellünket konzisztenssé téve újra megoldottuk az egyenleteket. A kapott túllövés mértéke a helioszeizmológiai korlátokkal egyezően igen kicsiny, a nyomási skálamagasság mintegy 0.6%-a. (MARIK D., PETROVAY K.)

A témavezető 2001 augusztusában részt vett a *Nemzetközi Geofizikai és Aeronomiai Társulat* (IAGA) közgyűlésén Hanoi-ban, ahol a „Szoláris és planetáris dinamóelmélet” szekcióban tartott előadást, továbbá ülészakot vezetett.

Égi mechanika

Az égi mechanikai kutatások Érdi Bálint vezetésével folynak. A csoport tagjai: Sándor Zsolt, Süli Áron (külső munkatárs), Birszki Bálint és Pál András egyetemi hallgatók.

A korábbi években megkezdett kutatásainkhoz kapcsolódva tovább folytattuk a koorbitális dinamika szimplektikus leképezésekkel történő vizsgálatát. Korábban a kör korlátozott háromtest-probléma modelljében vezettünk le analitikus szimplektikus leképezést. (SÁNDOR Zs., ÉRDI B.) A leképezés jól írja le a koorbitális objektumok viselkedését kis excentricitások esetén. A nagy excentricitású esetek vizsgálatára a londoni Queen Mary College kutatóival együttműködve szemi-numerikus szimplektikus leképezést vezettünk le a kör korlátozott háromtest-problémában. (SÁNDOR Zs., ÉRDI B. és C. MURRAY) A leképezés generátorfüggvényének szerepét a numerikusan átlagolt perturbációs függvény játssza. A leképezés nagy excentricitások esetén is érvényes, és meghatározható vele — többek között — a libráció centrumának eltolódása az excentricitástól függően.

A koorbitális mozgások reálisabban tanulmányozhatók az elliptikus korlátozott háromtest-probléma modelljében. Mind az elliptikus, mind a szekulárisan változó elliptikus korlátozott háromtest-problémában levezettünk

szimplektikus leképezéseket, melyek lehetővé tették a koorbitális mozgások igen általános feltételek mellett történő tanulmányozását. Ezeket a leképezéseket a Trójai kisbolygók hosszú távú viselkedésének meghatározására alkalmaztuk, és megadtuk a lehetséges megoldástípusokat. A Trójai kisbolygók stabilitási tartományának határát vizsgálva kimutattuk, hogy a tartomány határán a kaotikus diffúzió kapcsolatban lehet a rövid és hosszú periódusú libráció közti 13:1-es másodlagos rezonancia szigetláncolatának szétesésével, melyet a Szaturnusz indirekt perturbációja okozhat. (SÁNDOR Zs., ÉRDI B.) Birszki Bálint diplomamunkájában a korlátozott háromtest-probléma térbeli modelljében vezetett le szimplektikus leképezést a koorbitális mozgások tanulmányozására.

Új kutatási témaként megkezdjük az exobolygórendszerek stabilitásának vizsgálatát. Első lépésként öt ismert exobolygórendszer (47 UMa, 70 Vir, 14 Her, ϵ Eri, HD 80606) dinamikai stabilitását tanulmányoztuk a relatív Ljapunov-indikátorok módszerének alkalmazásával. (SÁNDOR Zs., PÁL A.) Ezen rendszerek ún. lakhatósági zónájának stabilitását vizsgálva kimutattuk, hogy bizonyos esetekben (ϵ Eri, 47 UMa) léteznek stabil tartományok, melyekben Föld típusú bolygók hosszú ideig stabilan keringhetnek.

Mivel jelenleg még csak nagy tömegű (Jupiter méretű) exobolygókat lehet kimutatni a megfigyelésekből, a nagyobb tömegek pedig nagyobb perturbációkat jelentenek, felvetődik a kérdés, hogyan függ egy rendszer stabilitása a tömegektől. Ilyen vizsgálatokat végeztünk a *Bécsi Egyetem* kutatóival együttműködve. (SÜLI Á. és R. DVORAK) Számításainkat a Naprendszer egy egyszerűsített modelljén végeztük, melyben a bolygók a Vénustól a Szaturnuszig bezárólag szerepeltek. A Föld típusú bolygók tömegét azonos mértékben növelve, a külső óriásbolygók tömegét változatlanul hagyva hosszú idejű numerikus integrálással követtük a rendszer dinamikai fejlődését. Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy bolygórendszerünk jelenlegi konfigurációja igen stabil, és csak jelentős tömegnövekedés okozhatna szökést a rendszerből.

Csillagközi anyag fizikája és csillagkeletkezés

A kutatásokban Tóth L. Viktor, Kiss Csaba (külső munkatárs), Moór Attila, Kiss Zoltán és Könyves Vera vett részt.

A Cepheus fler területén sokhullámhosszú felméréseket elemezve pontosítottuk a csillagközi anyag tömegére korábban tett becsléseket. Azonosítottunk olyan hideg, sűrű csillagközi felhőmagokat, melyek a csillagkeletkezés alapanyagaként szolgálhatnak. (Kiss Cs., TÓTH L. V.)

A kis (néhány naptömegnyi), izolált csillagközi felhők felkutatásának új módszerét dolgoztuk ki ISO Serendipity Survey és IRAS adatokra alapozva. (TÓTH L. V., Kiss Cs. és munkatársaik)

A csillagközi cirrusz felhők szerkezetét elemezve, a fluktuációk mértékét leíró függvényeket pontosítottuk, és a távoli infravörös extragalaktikus háttér fényességére $I(170\mu\text{m}) = 0.8 \pm 0.2 \text{ Jy/sr}$ értéket tudtunk meghatározni. (Kiss Cs., ÁBRAHÁM P. és munkatársaik)

Semleges hidrogén adatok felhasználásával feltérképeztük a Cassiopeia OB5 asszociáció környezetét (MOÓR A., KISS Cs.). Az asszociáció körül egy táguló hidrogénhéjat találtunk. Több bizonyíték is utal arra, hogy ezt az intersztelláris buborékot az asszociáció nagy tömegű tagjainak erőteljes csillagszele, illetve az itt létrejövő szupernóvák hozták létre. A jelenleg is mintegy 20 km/s sebességgel táguló héj nagyjából 380 pc átmérőjű. A buborék létezését infravörös felvételek és molekuláris rádiómérések is megerősítették. Ezen adatok a buborék „falában” zajló – vélhetően a lökeshullám által indukált – erőteljes csillagkeletkezést is felfedték.

Elkészítettük a galaktikus távoli infravörös hurkok (Galactic IRAS Loops²) katalógusának III. galaktikus térfelét lefedő új kötetét. Asszociált objektumokat azonosítottunk és távolságot határoztunk meg. A hurokhéjak a galaktikus cirrusz színét mutatják, eloszlásuk a Tejútrendszer spirális szerkezetét tükrözi. (KISS Cs., KÖNYVES V., MOÓR A., TÓTH L. V.)

A kutatásokban a COBE DIRBE és a Digital Sky Survey adatbázisokat is használtuk. A kutatásokat nemzetközi együttműködésben, heidelbergi, helsinki és nagoyai kutatókkal együtt végeztük. A témában a beszámolási időszakban 2 szakdolgozat (Kiss Z., Könyves V.), 1 OTDK első díjas dolgozat (Könyves V.) született. Kiss Csaba megvédte PhD-értékelését. 2001 őszétől Kiss Z. és Könyves V. PhD-hallgatóként folytatja kutatásait a Tanszéken.

Kozmikus struktúrafejlődés

A Balázs Béla által vezetett „Struktúrafejlődés diffúz asztrofizikai közegekben” című OTKA projekt keretében szoláris magneto-hidrodinamikai, az infravörös intersztelláris hurkokra és csillagszélbuborékokra, valamint a struktúrafejlődés általános jellemzőire vonatkozó kutatások folynak.

A témavezető a struktúrafejlődés általános kozmológiai jelentőségét vizsgálta, mely mindenekelőtt abban nyilvánul meg, hogy a hierarchikus szerveződés útján megvalósuló *kiemelkedés* univerzális jelensége következtében a legkezdetlegesebb komponensek – amelyek annyira egyszerűek, mint az ősrobbanásban keletkezett szubatomi részecskék – fejlett hierarchiái természetes úton képesek akár az ismert legbonyolultabb jelenségeket eredményezni. A témavezető a témakörben előadást tartott az IACP XII. kongresszusán (Aegina, Görögország). A projekt további eredményeiről az előző pontokban már szó esett.

2. astro.elte.hu/IRASLoops/IRASLoopse.html.

Flercsillagok csillaghalmazokban és a Nap környezetében

Szécsényi-Nagy Gábor tovább folytatta a Taurus csillagkép területén azonosított több száz flercsillag, illetve flergyanús objektum fotometriai kutatását, különös tekintettel ezen égitestek térbeli elhelyezkedésére, esetleges halmaztagságára és korára. Az utóbbi időben fokozatosan hozzáférhetővé vált sok millió galaktikus és extragalaktikus objektumra vonatkozó infravörös észlelési adatokból a programcsillagokra vonatkozó J, H és K magnitúdóértékeket gyűjtve sikerült megszerkeszteni a nemstacionárius vörös törpecsillagok hosszúhullámú színindexeinek és fényességének kapcsolatát megadó diagramot, leírni az e spektráltartományban érvényesülő szabályszerűségeket. A kapott összefüggést mint kritériumot alkalmazva a korábban halmaztagnak tartott flercsillagok közül újabbról sikerült meggyőzően bizonyítani, illetve további érvvel alátámasztani korábban feltételezett távolságuk tarthatatlanságát.

Egyéb munkák

A Csillagászati Tanszéken Szécsényi-Nagy Gábor mintegy harminc esztendeje kezdte el az üstökösök nagyléptékű szerkezetének fotografiai vizsgálatát. A fekete-fehér felvételek számottevő részét különböző fotometriai sávokban az MTA Csillagászati Kutatóintézete Piskéstitői Obszervatóriumának Schmidt-kamerájával készítette. Az ezek segítségével nyert észlelési anyag homogenizálására, kalibrációjára 2001 folyamán nyílt lehetőség. A korábban FEFA-pályázat keretében beszerzett MINOLTA QuickScan 35 típusú fotoszkenner segítségével megkezdődött a 35 mm-es színes negatívokon, illetve diákon őrzött információ digitalizálása. Eddig már elkészült a fölvett képanyag túlnyomó részének digitális változata, megtörtént a létrehozott állományok CD-re írása, archiválása.

A különböző optikákkal készített fotók összevethetőségének biztosítására elkészítettük az elmúlt 30 év során használt, és még ma is elérhető optikai rendszerek tesztjeit. A kapott eredményeket a kiértékelés megismételhetősége és szubjektív hibáktól való mentesítése érdekében digitalizált formában állítottuk elő. Ez a megoldás lehetőséget ad arra, hogy az eredeti fölvételekkel párhuzamosan a megfelelő optikát jellemző referencia-ábrák is minden transzformációs és képfeldolgozási lépésen átessenek, és a felvételberendezések meghibásodása, elavulása, vagy eltűnése esetére is biztosított legyen az üstökös-fotók valóságához értelmezése.

Hegedüs Tibor

A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete 2000–2002

Az időszak legnagyobb jelentőségű eseményeként 2001 áprilisában a Bács-Kiskun Megyei Közgyűlés és a Pécsi Tudományegyetem közötti együttműködési megállapodás keretében bajai székhellyel megalakult a Pécsi Tudományegyetem Csillagászati Külső Tanszéke. Egyelőre egy sokéves kapcsolat jogi alapokra helyezéséről van szó, aminek közvetlen költségvetési vonzata egyik fél részéről sincs, azonban formai keretet ad a közös pályázati aktivitáshoz és intézetünk felsőoktatási tevékenységének fokozásához.

Munkafeltételek, személyi ügyek

A beszámolási időszak meghatározó eleme a 2001-ben zárult OTKA T030743 és F030147 projektek keretében elnyert támogatás volt. Segítségükkel készült el a Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetében a kettőscsillagok radiális sebességének mérésére tervezett Ebert-féle rácsspektrográf. A mechanikai és termikus stabilitás miatt robusztusra épített berendezés nem távcsőre szerelhető, hanem attól függetlenül állítandó fel. A csillagfényt száloptika vezet be a színeképelemzőbe. A kezdeti kísérletek során $10\ \mu\text{m}$ átmérőjű, 0.23 numerikus apertúrájú száloptikát használtunk, amivel 0.015 m spektrális tisztaságot érhattünk el. A detektor az Apogee AP-7 hátsó megvilágítású chipes kameránk volt (a színeképelemző végleges detektora a 2002 elején felújított, új CCD chipet kapott ST-7E kamera lett).

Nemcsak a bajai távcsövön, hanem a piszkéstetői és a Krionerion (Görögország) obszervatóriumok 1 m-es RCC és 1.23 m-es CC távcsövein is készítettünk spektrumfelvételeket. Két alapvető technikai probléma miatt 2002-ig nem sikerült rutinszerű üzembe állítani a berendezést halványabb változócsillagokra. A spektrográfot 2002-ben továbbfejlesztjük. A precíz kalibrációhoz több speciális spektrállámpa beszerzése is folyamatban van, szintén a Pécsi Tudományegyetem segítségével.

Az $f/6.8$ redukált fókuszú módban használt 50 cm-es RC távcső, illetve a rá szerelt AP-7 CCD és $2''$ -es Optec Maxfilter szűrőváltó (BVR színszűrőkkel) vezérlése 2002-re végleg az alsó, fűtött észlelőhelyiségbe került. A vezetési

korrekciók és a szinte teljesen automatikus (távvezérelhető) módú üzemhez szükséges rutinok kidolgozása, valamint a több különböző gyártótól származó eszközök összehangolása folyamatban van.

Legnagyobb műszerfejlesztési programunk, az 50 cm átmérőjű, f/6 fényerejű, módosított Cassegrain-rendszerű, kifejezetten CCD-fotometriára tervezett robotávcső megépítése finanszírozás hiányában megtorpant. A kb. 10 millió Ft nagyságrendű projektekre beadott pályázatainkból a kézirat leadásáig nem fogadtak el egyet sem.

2002-ben a számítógéppark „kinőtt” Linux fő szervere helyére az IKB pályázati rendszerétől 1.1 GHz-es processzorú, és közel egy nagyságrenddel nagyobb háttértároló kapacitású, 19 inches monitorú új számítógépet és Minolta hálózati nyomtatót kapott.

2001-ben intézetünk könyvtári egysége (a Katona József Megyei Könyvtár szakmai segítségével) minden szükséges feltételt teljesítve elérte a nyilvános szakkönyvtári rangra emelést. Ennek köszönhetően 15 év után remélhetőleg ismét megkezdődhet (pályázati úton) a szakkönyvvállomány gyarapítása. Intézetünk egyik termékét teljesen a nyilvános szakkönyvtár céljaira rendeztük át.

Személyi állományunkban egyetlen változás történt: a könyvtáros-titkári státuszt 2000 őszétől Szurcsikné Horváth Ninett tölti be, 2002-ben megszerzett könyvtár-informatika második (egyetemi) diplomával.

Tudományos munka

2000–2001-ben összesen 212 éjszaka folyamán történt fotometriai mérés standard B, V, R szűrőkkel, illetve részben szűrő nélkül különféle fedési kettőscsillagokról és kataklizmikus változókról, Baján az ST–7, és AP–7 kamerákkal, valamint más bel- és külföldi obszervatóriumokban. Ezek eredményeképpen 38 csillagról több mint 1000 órányi mérési anyag született. E kézirat lezárásáig 24 csillag 121 minimumidőpontját publikáltuk. Ezen felül 6 éjszakányi objektívprizmás (Piskéztető) és rácsszínkép-felvétel (Rozhen) is készült. 2000-ben több hónapos észlelési kampányban vettünk részt a Canakkalei Egyetem kutatóival, amely a HIPPARCOS műhold adatai alapján felfedezett új fedési kettősök pontosabb fotometriáját tűzte ki célul. Így elsőként sikerült a V821 Cas, V397 Cep, V1128 Tau és TV UMi teljes fénygörbéjét több színben felvenni, valamint további hat csillag periódusát pontosítani.

A kataklizmikus változók vizsgálata témájában fotometriai mérések készültek a BH Lyn, EX Dra és V1315 Aql csillagokról. A DW UMa mérése közben felfedeztük a GSC 3822–1056 korábbi összehasonlító csillag W UMa típusú fényváltozását. A fedési tomográfiára írott saját programunkból (amellyel standard fotometriai rendszerre transzformált fénygörbék maximum entrópia

módszerrel történő analíziséből pl. a fehér törpe komponens körüli akkréciók korong hőmérséklet-eloszlását, és a rajta lévő forró folt pozícióját kaphatjuk meg) megkezdtek egy olyan kód kifejlesztését, amely alkalmas lesz fedési kettőscsillag rendszer pulzáló komponensének részletes felületi vizsgálatára. Végeredményként a fedési térképezés módszerével a pulzációs módusok pusztán fotometriai úton történő azonosítását várjuk. A téma intézetközi együttműködésben folyik, Bíró a témából 2002-ben doktori disszertációt nyújt be.

Bekapcsolódtunk a Szegedi Tudományegyetem csillagászai vezette szupernóva-megfigyelési projektbe. Ennek keretében CCD-felvételek készültek pl. a SN 2000E és 2001V szupernóvákról.

Folyamatosan tökéletesítettük és konkrét esetekre futtattuk az általános háromtest-problémát integráló saját programunkat, amely kiterjedt, tetszőleges forgástengely-beállású hármas csillagrendszerek hosszú távú dinamikai fejlődését vizsgálja. A témából Borkovits doktori disszertációt nyújt be 2002-ben. Eredményként olyan O–C-görbék magyarázatát kezdtük kidolgozni és publikálni, amelyek korábban még irreális feltételezésekkel sem voltak teljes értékűek. Így pl. sikerült az IM Aur O–C-görbéjét magyarázni. A dinamikai magyarázatból származó harmadik test paraméterei jól egybeesnek a töltősfotometriából feltételezhetőekkel. Megkezdtek a rendellenesen lassú apszismozgású rendszerek Nuspl és Hegedűs által korábban javasolt (tengelyferdeséggel történő) klasszikus magyarázatának numerikus szimulációs igazolását.

Ezekhez az égi mechanikai vizsgálatokhoz kapcsolódó megfigyelési anyag analízisére korábban felépített programot szintén tovább tökéletesítettük: a különböző függvényillesztéseket már szimultán végzi a program, továbbá folyamatosan figyeli a „valódi periódus” függvény menetét. Ezzel elkerülhető a korábban általánosan elkövetett hiba: az egymás után elvégzett parabolaillesztés és harmonikus analízis téves tömegátadási rátákhoz és hibás harmadiktest-paraméterekhez, illetve a periódusváltozások tényleges fizikai okainak félreértelmezéséhez vezetett. Az első futtatások eredményeiről 2001 novemberében számoltunk be egy nemzetközi konferencián. Az AB And, OO Aql és HW Vir csillagok O–C-görbéit analizáltuk. 2002-ben megkezdtek az új, minden korábbinál pontosabb és jobb módszerünk alkalmazását a jelenleg elérhető teljes adatmennyiségre.

A beszámolási időszakban e témákból 3 referált (Astronomy & Astrophysics), 7 IBVS, 9 konferencia-kiadványbeli cikk jelent meg, valamint 3 hazai és 6 külföldi konferencia-előadás, 2 külföldi szemináriumi előadás hangzott el és további 2 (nem publikált) konferenciaposzter született. Kutatóink 2000–2002 között 8 európai kutatóintézetben jártak tanulmányúton, 3 alkalommal használtak fel külföldi távcsőidőt, valamint 3 hazai és 11 külföldi helyszínről nemzetközi konferencián szerepeltek. Hegedűs az International Conference of Variable Star Researchers (Brno, 2001.) nemzetközi változócsillagászati

konferencia tudományos szervezőbizottsági tagja volt és meghívott előadást tartott a fedési kettőscsillagok fénygörbéje másodlagos effektusainak asztrofizikai jelentőségéről.

Műszereinkkel vendégkutatóként ez időszak alatt Heiner Zsuzsanna (Szegedi Tudományegyetem), Csizmadia Szilárd (Konkoly Csillagászati Kutatóintézet) és Papp István (Siemens) dolgozott hosszabb-rövidebb ideig. Intézetünk történetében először fordult elő, hogy nekünk volt lehetőségünk más intézetnek segítséget nyújtani: Huzamosabb időre, kutatási célból kölcsönadtunk a Temesvári Obszervatóriumnak egy UBVRI-fotométert és egy kisebb CCD-kamerát. Intézetünkkel huzamosabban együttműködő kutatók: Nuspi János, Csizmadia Szilárd és Sándor Zsolt (MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet), Helen Rovithis-Livaniou (Athéni Tudományegyetem), Nevyana Markova (Bolgár Tudományos Akadémia), Valentina Kozyreva (Sternberg Asztrofizikai Intézet), valamint a Canakkalei Egyetem csillagászai Osman Demircan és Ahmet Erdem vezetésével és a Szegedi Tudományegyetem több csillagásza, Szatmáry Károly és Vinkó József vezetésével.

Egyetemi oktatás

A bevezetőben is említett módon, 2001-ig a Pécsi Tudományegyetem Általános Fizika és Lézerspektroszkópia Tanszéke keretében, majd 2001 áprilistól az önálló Csillagászati Külső Tanszék keretében folyt csillagászati témák oktatása. A bajai helyszínű előadások és gyakorlatok megtartásához alapítványunk megállapodást kötött az Országos Meteorológiai Szolgálattal a bajai észlelőállomás épületének átvételéről. Az épületet belülről felújítottuk, egy nagyobb előadótermet és egy laboratóriumi helyiséget alakítottunk ki benne. Kozmikus fizika és Az Univerzum mélységei (műveltségi) vizsgaköteles előadásokat és a kozmikus fizikához kapcsolódó asztrofizikai gyakorlatokat, valamint Bevezetés a csillagászatba vizsgaköteles kurzust tartottunk a fizika tanári továbbképző szakos levelező hallgatóknak. Hegedüs a 2001. évi OTDK konferencián (Pécs) a csillagászati dolgozatok egyik bírálója és zsűritag volt. A fizika iránt általánosan csökkenő érdeklődés miatt a PTE Fizikai Intézete kérésére kidolgoztuk egy új előadás-sorozat tervét, amely izgalmasabb kérdések felvetésével juttat el fizikai-asztrofizikai ismereteket a hallgatóknak.

Kutatóink minden évben több (pécsi, szegedi és budapesti) egyetemi hallgató nyári gyakorlatának, ill. csillagászati témájú szakdolgozatának témavezetői, külső konzulensei. 2000-ben 5, 2001-ben 3, 2002-ben 6 szakdolgozat készült részben vagy teljesen a hajai intézetben, ill. kutatóink témavezetésével.

A Pécsi Tudományegyetem Földrajzi, Fizikai és Matematikai Intézetével közös rektori pályázatok során elnyert támogatásból megvásároltuk a

Pécsi Tudományegyetem számára a penci 42.5/50/76 cm-es Zeiss Schmidt-kamerát. Pécsre szállítása és felújítása 2002-ben esedékes. Későbbi tervek szerint a Mecsekben történő felállítás után automatikus (távvezérelt) üzemmódban az egyetemi oktatásban történő alkalmazása mellett kisbolygó- és szupernóva-keresési/kutatási programokra használnánk, esetleg több délvidéki felsőoktatási intézmény együttműködésében. A projekt koordinálása intézetünk feladata.

Ismeretterjesztés, egyéb tevékenység

Ismeretterjesztő munkánk csillagászati-űrutasítási cikkek írását, városi csillagászati szakkör vezetését, iskolai csoportok fogadását, bemutatások rendszeres tartását, egyhetes nyári szaktábor szervezését, valamint évente egyszer egész éjszaka tartó Városi Nyílt Csillagászati Bemutatónap lebonyolítását foglalta magában. Esetenkénti felkérésre más városok nagyobb intézményeiben tartott előadásokon, valamint televíziós és rádiós interjúkban beszéltünk csillagászati témákról. Legjelentősebb programjaink e téren 2000–2002-ben: az MCSE Helyi Csoportjainak VI. Országos Találkozója (2000. március 24–26.), III. Országos Kulin György Csillagászati Emlékverseny (2000. április 17–19.), Középiskolás Csillagászati Tehetségkutató Nyári Tábor (2000. júl. 10–16.), BANACAT–10 (Bajai Nagytávcsöves/CCD-s Amatőrcsillagász Találkozó), 2000. július 14–16., BANACAT-11, Szálka, 2000. október 27–29., „Égre néző szemek” Országos Csillagászati Kiállítás (2000. november 6–11.), BANACAT-12, Baja, 2001. október 20–22., Középiskolás Csillagászati Tehetségkutató Nyári Tábor (2002. július 15–21.), BANACAT–13, Baja, 2002. július 19–21.

Legfontosabb együttműködő partnereink e téren: Magyar Csillagászati Egyesület, Bajai Observatórium Alapítvány, Bácskai Civil Szervezetek Szövetsége, TIT Bácskai Egyesülete, Corvus Egyesület (Lég, Szlovákia). 2000-ben felvettük a kapcsolatot a legnagyobb bolgár amatőrcsillagászati szervezettel, a szófiai Androméda Csillagászati Egyesülettel, és kisebb demonstrációs eszközökkel támogattuk munkájukat.

Terveink alapján, a városi önkormányzat és a Képző- és Iparművészeti Lektorátus millenniumi pályázati alapjainak támogatásából elkészült és a jelenlegi Művelődési Központ falára került Kántor József iparművész mozaik napórája. A Szász Mária kezdeményezése alapján kialakított napóra osztásrendszerét Ponori Thewrewk Aurél és ifj. Bartha Lajos számította ki, a pontos geodéziai méréseket Tóth Lajos és Körmendi László végezte. A napórát a millenniumi ünnepségek sorában 2001. augusztus 19-én avatta fel Baja város alpolgármestere, Dancsa Bálint.

Horváth András

A TIT Budapesti Planetárium működése 2001-ben

Pénzügyi mérlegünk 2001-ben is pozitív volt. 63 millió Ft-os összebevételünk 69%-át adta a belépődíj, 7%-át a különféle cégek helyiséghasználata, 5%-át a CompuDrug Standard Kft.-vel, 3%-át a Lézerszínházzal folytatott együttműködésünk, 4%-át pedig az állami támogatás jelentette, amelyet a TIT Szövetség közgyűlésének határozata alapján kaptunk, 5% volt a 2000. évi tartalék. A körfolyosót és a kupolatermet szerződéses alapon 2001-ben is igénybe vették különféle cégek saját rendezvényeikre. Ezen alkalmi szerződések, a TIT-támogatás, a CompuDruggal és a Lézerszínházzal kialakult költségmegosztás jóvoltából 2001-ben a mintegy 660 Ft-os önköltségű belépőjegyet 460, 500, majd 550 Ft-ért tudtuk adni.

Új műsorok, látogatottság, kiállítások

2001-ben Gesztesi Albert elkészítette a korábbi, sikeres *Utazzunk a Marsra* című műsor folytatásának forgatókönyvét *Repülés a Marsra* címmel. A 2002-ben bemutatandó, új gyerekműsorunkban a keretjáték hősei elérkeznek a Mars közelébe, és a bolygó körüli pályáról figyelik meg érdekes felszíni alakzatait.

A budapesti Planetáriumban 2001-ben 1247 iskolai és nagyközönségi előadáson 93 522 fő vett részt, ez 20%-os általános teremkihasználtságot, azaz 75 fő átlagos nézőszámot jelentett műsoronként. Könyvtárunk 6 idegen és 18 magyar nyelvű könyvvel, 10 külföldi és 10 magyar folyóirat számaival gyarapodott. Körfolyosónkon Viola József (márc. – ápr.), Gál Ila (máj. – aug.), Teokéné Montvai Rozália (okt. – dec.) festőművészek alkotásait állítottuk ki.

A TIT megalakulásának 160. évfordulója tiszteletére rendezett központi ünnepségek befejezéseként a Planetáriumban Pálinkás József oktatási miniszter nyitotta meg a Társaság tevékenységét bemutató kiállítást.

Pályázatok, műszaki fejlesztés, karbantartás

A Planetáriumnak 2001-ben egy eredményes pályázata volt: a Fővárosi Közgazdasági Oktatási Bizottságtól kaptunk – a korábbihoz képest tovább csökkentett – támogatást az iskolások kedvezményes planetáriumlátogatási akciójának folytatására.

2001-ben a műszaki fejlesztés során 2 db 300 W-os Garry Electronic hangfalat, egy Pinnacle DV500 Plus video editáló rendszert, Epson Stylus Color 680-as printert és egy Edixa automata fényképezőgépet szereztünk be. A planetárium-műszer éves karbantartásának idején a hangfalakat üzembe helyeztük a kupolában, valamint modern Omron-relékre cseréltük a műszer vezérléséhez szükséges, hatvanas évekbeli higanykapcsolókat.

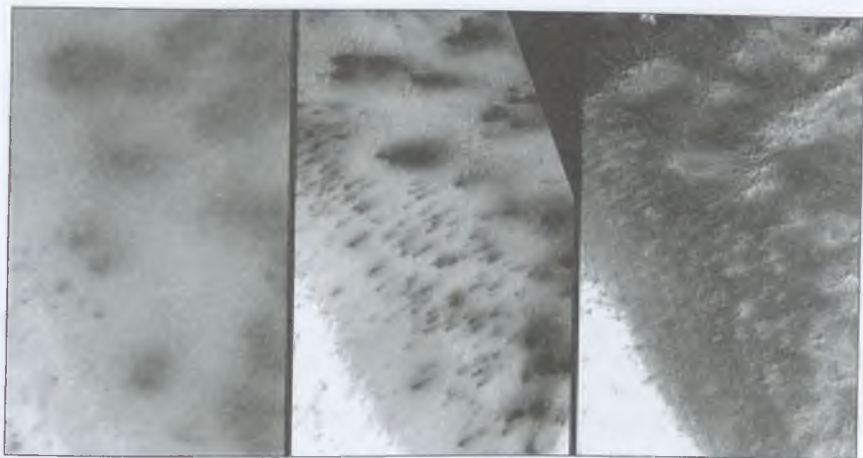
Kutatási tevékenység

Horváth András és Gesztesi Albert folytatta a jelenlegi marsi életre vonatkozó planetológiai kutatásait. A Mars Global Surveyor (MGS) űrszonda nagy felbontású, a Mars déli poláris vidékeiről készült felvételeiből több mint 150 kép részletes morfológiai analízise alapján kapott új eredmény, hogy az 1999-es tél végi, tavasz eleji MGS-képeken megfigyelt sötét foltok sekély lyukak a friss szén-dioxidjég borította felszínen és, hogy kialakulásuk a CO₂-jégtakaró alján, azaz a sötét homokfelszínen kezdődik. Egyes területeken lehetőség nyílt a foltfejlődés évszakos menetének tanulmányozására is. Ezek a megfigyelések további érvekkel támasztják alá a Gánti Tibor és Szathmáry Eörs biológusokkal közösen kidolgozott hipotézist arról, hogy a foltokat a Mars felszínén feltételezett mikroorganizmusok élettevékenysége okozhatja. A munkákba Bérczi Szaniszló is bekapcsolódott. Az új eredmények alapján közösen készített 3–3 anyagunkat elfogadták a 33. Hold- és bolygókutatási konferenciára (XXXIII. Lunar and Planetary Science Conference, 2002. márc., Houston), valamint az Európai Geofizikai Társaság 27. közgyűlésének idején tartott Naprendszer-kutatási szimpóziumra (European Geophysical Society, XXVII General Assembly, 2002. ápr., Nice).

A 2001. áprilisi moszkvai IK–30 konferencián Horváth András két előadást tartott a Phobos réteges szerkezetéről és az orosz Fobosz–Grunt űrszonda programjába javasolt mérésekről, valamint a jelenlegi marsi biológiai aktivitásra vonatkozó elképzeléseinkről.

Egyéb tevékenység

Horváth András igazgató 2001-ben is részt vett a TIT Szövetség, a Magyar Űrkutatási Tanács, a Magyar Asztronautikai Társaság, a Magyar Természet-



7.4. ábra. A marsi sötét dűnefoltok időbeli változása az Inka városnak nevezett ($W\ 64^\circ$, -82°) területen. Tavasz elején elmosódott szürke foltokat látunk, ezek tavasz második felére sötét alizatú lapos lyukakká válnak. Mire nyár elején teljesen szublimál a friss CO_2 -réteg, a sötét dűnefoltok helyén világos- és sötétebb szürke alakzatok figyelhetők meg a sötét talajon

tudományi Társaság Csillagászati és Űrkutatási szakosztálya, valamint az MTA Csillagászati Kutatóintézetének tevékenységében és az Aeromagazin folyóirat űrrepülési rovatának szerkesztésében. Márciusban részt vett a houstoni planetológiai, áprilisban pedig a moszkvai IK-30 és a Gagarin-űrrepülés 40. évfordulójára rendezett konferencián. Mátis András csillagászati szakelőadó, a planetáriumi közönségkapcsolat felelőse továbbra is aktívan részt vett az MCSE munkájában, valamint Galgóczy Istvánnal együtt a népligeti Ifjúsági sétányon létrehozott „Sétáló Naprendszer” megalkotásában. A Naprendszer 1:10 milliárdod arányúra kicsinyített modelljében a Naptól kiindulva egy-egy kőtábla jelzi a bolygók átlagos naptávolságát. A mintegy 600 m-es úton végig sétálva kiválóan lehet érzékeltetni közvetlen kozmikus környezetünk távolságarányait. Szmutku Antal műszaki dolgozónk folytatta villamosmérnöki tanulmányait. Horváth András, Gesztesi Albert és Mátis András az újságokban, rádiókban, televíziókban és külső előadások keretében is végzett csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztést.

2001-ben megjelent publikáció: HORVÁTH, A., GÁNTI, T., GESZTESI, A., BÉRCZI, SZ., SZATHMÁRY E.: Probable Evidences of Recent Biological Activity on Mars: Appearance and Growing of Dark Dune Spots in the South Polar Region, *Lunar and Planetary Science* **1543.**, 2001.

Szerzőink

ALMÁR IVÁN, a fizikai tudomány doktora, tudományos tanácsadó, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

APAI DÁNIEL, doktorandusz, Max-Planck-Institut für Astrophysik, Heidelberg, Németország.

BALÁZS LAJOS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

BARCZA SZABOLCS, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

BÉRCZI SZANISZLÓ, a földtudomány kandidátusa, egyetemi docens, ELTE TTK Általános Fizika Tanszék.

ÉRDI BÁLINT, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Csillagászati Tanszék.

FREY SÁNDOR, PhD, vezető tanácsos, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Kozmikus Geodéziai Observatórium.

HEGEDÜS TIBOR, PhD, igazgató, Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete, Baja.

HORVÁTH ANDRÁS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, TIT Budapesti Planetárium.

ILLÉS ERZSÉBET, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

KIRÁLY PÉTER, tudományos munkatárs, MTA KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézete.

KISS LÁSZLÓ, PhD, egyetemi adjunktus, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.

KÓVÁRI ZSOLT, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

KUN MÁRIA, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

MIZSER ATTILA, a Magyar Csillagászati Egyesület főtitkára.

PATKÓS LÁSZLÓ, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

PETROVAY KRISTÓF, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, ELTE Csillagászati Tanszék.

SÁRNECZKY KRISZTIÁN, a Szegedi Csillagvizsgáló munkatársa.

SZATMÁRY KÁROLY, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.

VAVREK ROLAND, PhD, posztdoktori ösztöndíjas, Max-Planck-Institut für Astrophysik, Heidelberg, Németország.

Polaris Csillagvizsgáló



Újra látogatható Óbuda bemutató csillagvizsgálója!

- *Távcsöves bemutatás* kedden, csütörtökön és szombaton, sötétedéstől 22.30-ig. A részvétel felnőttek számára 300 Ft, diákoknak és nyugdíjasoknak 200 Ft. Iskolaí csoportokat előzetes egyeztetés alapján más időpontban is fogadunk.
- *Csillagászati előadás-sorozatok* ősszel és tavasszal, kedd esténként.
- *Csillagászati szakkör* a középiskolás korosztály számára.
- *Kiadványok és eszközök vásárolhatók* a Polaris-boltban a távcsöves bemutatások ideje alatt.
- *A Magyar Csillagászati Egyesület ügyelete* minden kedden 18 órától. Várjuk a csillagászati megfigyelések és a távcsőépítés iránt érdeklődőket!

Magyar Csillagászati Egyesület – ÓMK Barátság Szabadidő Park

A Polaris Csillagvizsgáló címe: 1037 Budapest, Laborc u. 2/c.
Telefon: (1) 279 0429, (30) 851 5364; e-mail: polaris@mcse.hu;
honlap, részletes programmal: polaris.mcse.hu



A Magyar Csillagászati Egyesület tájékoztatója

Egyesületünk várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhessenek, távcsöveket építhessenek és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel.

Meteor – a Magyar Csillagászati Egyesület lapja

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, az egyesület programjairól. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez. Kérjen ingyenes mutatószámot!

Csillagászati évkönyv

Egyesületünk adja ki a *Meteor csillagászati évkönyvet*, melynek köteteit az amatőr és szakcsillagászok mellett haszonnal forgathatják a kezdő érdeklődők, az ismeretterjesztők, a szakkör- és klubvezetők, valamint a pedagógusok is. Az évkönyvek táblázatos része az aktuális év csillagászati jelenségeiről, az égitestek láthatóságáról közöl előrejelzéseket és magyarázatokat. Cikkei megkönnyítik az olvasók eligazodását korunk szinte követhetetlen információáradatában, a beszélgetők pedig a hazai csillagászati intézmények munkájáról adnak tömör áttekintést.

Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőr csillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre. Ujboldas hétvégeken tartjuk megfigyelő-hétvégéinket Ágasháza (Mátra), melyeken – időpont-egyeztetés után – iskolai csoportok, szakkörök is részt vehetnek.

Ügyelet, távcsőépítési szaktanácsadás

Budapesten keddenként 18 órától tartunk ügyeletet az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban. Előadás-sorozatainkat is az ügyeleti napokra szervezzük. Részletes információt a *Meteor* folyóiratban találhat, vagy az egyesület telefonszámán kérhet.

A Magyar Csillagászati Egyesület az Interneten

Amennyiben van módja használni az Internetet, tekintse meg egyesületünk honlapját:
<http://www.mcse.hu>

Csillagászati előadások, távcsöves bemutatók

Egyesületünk kihelyezett távcsöves bemutatókat és ismeretterjesztő előadásokat vállal iskolák és művelődési intézmények számára.

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.

Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

Helyi csoportjaink és szakcsoportjaink

Egyesületünk szakcsoportjai az amatőr észlelőmunka vagy az ismeretterjesztés valamely részterülete iránt komolyabban érdeklődők tevékenységét fogják össze. Helyi csoportjaink pedig az egyesületi élet lakóhelyi szintű szerveződését teszik lehetővé. Az egyes csoportok vezetőivel a következő címlista alapján vehetik fel a kapcsolatot az érdeklődők.

Helyi csoportjaink

Balatonfűzfő	Kocsis Antal, 8174 Balatonkenese, Kossuth L. u. 2/a.
Bácskai Csoport	Borkovits Tamás, 6501 Baja, Postafiók 766.
Bóly	Kász László, 7754 Bóly, Széchenyi tér 11.
Budapest	Hollósy Tibor, 1107 Budapest, Bihari út 3/a.
Dunaújváros	Szagos Szelimen, 2400 Dunaújváros, Zalka Máté u. 1.
Esztergom	Nyerges Gyula, 2500 Esztergom, Aulich u. 1.
Győr	Pete Gábor, 9025 Győr, Bercsényi liget 22/a.
Hajdúböszörmény	ifj. Balogh Zoltán, 4220 Hajdúböszörmény, Újvárosi u. 13.
Kiskun Csoport	Rezsabek Nándor, 6326 Harta, József Attila u. 22.
Kunszentmárton	Kovács Károly, 5440 Kunszentmárton, Jászapáti u. 37.
Miskolc	Braskó Sándor, 3521 Miskolc, Retek. u. 20.
Paks	Dalos Endre, 7030 Paks, Építők útja 22.
Pécs	Keszthelyi Sándor, 7625 Pécs, Aradi vértanúk u. 8.
Sopron	Bacsárdi László, 9400 Sopron, Móricz Zs. u. 4.
Szeged	Székely Péter, 6723 Szeged, Sás u. 5/b.
Szolnok	Prohászka Szaniszló, 5000 Szolnok, Karcagi L. út 11.
Zalaegerszeg	Simonkay Ferenc, 8900 Zalaegerszeg, Rákóczi u. 19.

Szakcsoportjaink

Oktatás	Csaba György Gábor, 1461 Budapest, Pf. 219.
Csillagásztörténet	Bartha Lajos, 1023 Budapest, Frankel Leó út 36.
Számítástechnika	Heitler Gábor, 1439 Budapest, Pf. 644.
Hold	Kocsis Antal, 8174 Balatonkenese, Kossuth u. 2/a.
Bolygók	Hollósy Tibor, 1107 Budapest, Bihari út 3/a.
Üstökösök	Sárnecky Krisztián, 1193 Budapest, Vécsey u. 10.
Meteorok	Gyarmati László, 7257 Mosdós, Ifjúság u. 14.
Változócsillagok	Kiss László, 6701 Szeged, Pf. 596.
Messier-objektumok	Szabó Gyula, 6728 Szeged, Szélső sor 3.
Mély-ég objektumok	Berkó Ernő, 3188 Ludányhalászi, Bercsényi u. 3.
Kettőscsillagok	Ladányi Tamás, 8175 Balatonfűzfő, Balaton krt. 71.
Csillagfedések	Szabó Sándor, 9400 Sopron, Baross u. 12.
Internet	Tepliczky István, 1461 Budapest, Pf. 219.
CCD technika	Fűrész Gábor, 8000 Székesfehérvár, Pozsonyi út 87.
Napórak	Keszthelyi Sándor, 7625 Pécs, Aradi vértanúk u. 8.

Csillagászati kiadványaink

A felsorolt kiadványokat az **MCSE postacímén** (1461 Budapest, Pf. 219.) rendelheti meg rózsaszín postautalványon. Az utalvány hátoldalán, a közlemény rovatban sorolja fel a megrendelt kiadványokat. Áraink a postaköltséget is tartalmazzzák. A zárójelben lévő összegek az MCSE tagjaira vonatkozó, kedvezményes árak.

Meteor csillagászati évkönyv 1994	300 Ft	(250 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1995	400 Ft	(300 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1996	500 Ft	(400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1997	600 Ft	(500 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1998	700 Ft	(600 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1999	900 Ft	(800 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2000	1100 Ft	(1000 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2001	1400 Ft	(1200 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2002	1600 Ft	(1400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2003	1800 Ft	

(tagjaink illetményként kapják!)

A Meteor 1999-es évfolyama	2800 Ft	(2600 Ft)
A Meteor 2000-es évfolyama	3200 Ft	(3000 Ft)
A Meteor 2001-es évfolyama	3600 Ft	(3400 Ft)
A Meteor 2002-es évfolyama	3800 Ft	(3600 Ft)
A Meteor 2003-as évfolyama	4480 Ft	

(tagjaink illetményként kapják!)

Bartha L.: Fényi Gyula emlékezete	200 Ft	(150 Ft)
Bartha L.: Hordozható napórák (katalógus)	250 Ft	(200 Ft)
Bartha L.: Kulin György munkássága	250 Ft	(200 Ft)
Bebesi Zs.–Csák B.–Kiss L.: Változócsillagok fénygörbéi 1993–1997	250 Ft	(200 Ft)
Cooper–Walker: Csillagok távcsővégen	850 Ft	(750 Ft)
Csaba Gy. G.: A csillagász Hell Miksa írásából	300 Ft	(250 Ft)
Csaba Gy. G.: Szentiványi Márton csillagászati nézetei...	300 Ft	(250 Ft)
Keszthelyi S.: Magyarország napórái (katalógus)	500 Ft	(400 Ft)
Keszthelyi S.–Sragner M.: Napfogyatkozás és honfoglalás	300 Ft	(250 Ft)
Kiss L.: Változócsillag fénygörbék 1988–1992	250 Ft	(200 Ft)
Meteorészlelő térképsorozat	200 Ft	(180 Ft)
Mizser A. szerk.: Amatőrcsillagászok kézikönyve (új kiadás)	2300 Ft	(2000 Ft)
Mizser A.–Kiss L.–Fidrich R.: Változócsillag katalógus (II. kiadás)	250 Ft	(200 Ft)
Pleione Csillagatlasz (hmg= 7,0)	300 Ft	(250 Ft)
Ponori Th. A.: Divina Astronomia	900 Ft	(800 Ft)
Teljes napfogyatkozás diasorozat (35 db-os)	4500 Ft	(3500 Ft)
Pleione csillagatlasz	300 Ft	(250 Ft)

Részletes árjegyzékünket megtekintheti a Polaris Csillagvizsgáló honlapján:
polaris.mcse.hu/polaris-bolt/

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.
 Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

**meteor
csillagászati
évkönyv 1996**



**meteor
csillagászati
évkönyv 1997**



**meteor
csillagászati
évkönyv 1999**



**AMATŐRCSILLAGÁSZOK
KÉZIKÖNYVE**



**meteor
csillagászati
évkönyv 2000**



**meteor
csillagászati
évkönyv
2002**



**KISZTHELYI SÁNDOR
MAGYARORSZÁG NAPÓRÁI**



Gemini csillagászati távcsövek

Newton és Makszutow-optikák, optikai tubusok igényes műkedvelőknek

Mechanikák közepes és nagy távcsövekhez

Orosz apokromát lencsék és tubusok

HISIS CCD-kamerák profiknak is

Magas szintű szaktanácsadás

APM magyarországi képviselő

Mylar fólia a Nap megfigyeléséhez

Közepes és felső kategóriás okulárok, szűrők kedvező áron

Gemini D. B. Bt., 2091 Etyek, Alsóhegy u. 7.

Dán András az optika-finommechanika igazságügyi szakértője

Tel.: 06-20-944-4911, E-mail: gemini@arcinfo.hu

www.economy.hu

Csillagvizsgálók, kisplanetáriumok építészeti tervezése

Szász-Ház Bt., tel.: (20) 424-2381

Tisztelt Olvasónk!

2002-ben az 1%-os SZJA-törvénynek köszönhetően a Magyar Csillagászati Egyesület tagjai és a csillagászat barátai 2 730 264 Ft-tal támogatták munkánkat. Az összeg egy részét a 2003-as csillagászati évkönyv bővítésére, színesítésére használtuk fel.

Kérjük, 2003-ben is támogassa a Magyar Csillagászati Egyesületet az SZJA 1%-ával – egy még szebb, tartalmasabb csillagászati évkönyvért!

Adószámunk: 19009162-2-43



ÉG-BOLT TÁVCSŐSZAKÜZLET

Bemutatóterem: Budapest, IX. Ráday u. 19.



Newton reflektorok

150/1200 mm Mizar

199 500 Ft

150/750 mm Mizar

199 500 Ft

110/800 mm Mizar

109 900 Ft



Fraunhofer refraktorok

120/1000 mm Helios

259 000 Ft

102/1000 mm Helios

197 000 Ft

90/910 mm AZ

97 000 Ft



Binokulárok

16 x 70 Fujinon

215 500 Ft

16 x 60 Pentax

68 790 Ft

20 x 77 Hiyauchi

287 000 Ft



Okulárok

IC Plössl

14 900 Ft

TeleVue Plössl

39 500 Ft

Pentax XL

99 500 Ft



Márkás refraktorok

75/500 mm Pentax SDHF apo

468 000 Ft

78/630 mm Takahashi fluorit

496 000 Ft

102/820 mm Takahashi fluorit

949 500 Ft

Részletes információk és árjegyzék az Ég-bolt honlapján: egbolt.csillagaszat.hu
Bemutatóterem a Hegyisport szaküzletben, nyitva: h.-p.: 10^h-18^h, sz.: 10^h-14^h
Telefon: 1-217 6536, 20-434 8722. Honlap: egbolt.csillagaszat.hu



QWERTY COMPUTER

Alapítva: 1984-ben

QWERTY
COMPUTER
Alapítva: 1984-ben



Minden, ami számítástechnika
Az Interneten is - www.qwerty.hu

Qwerty Computer Szaküzlet

1111 Budapest, Bartók B. út 14.

Tel.: 466-9377 Fax: 385-2687

Epson-Olympus Szaküzlet

1114 Budapest, Bartók B. út 9.

Tel.: 466-5419

Mammut Szaküzlet

Mammut Utcahoz közel

Tel.: 345-8255

Corvin Szaküzlet

Corvin Áruház

Tel.: 267-4848

Skóla-Buda Szaküzlet

Skóla Budapest Áruház

Tel.: 372-5841

Színes képek

1. *A Miskolci Fényi Gyula Jezsuita Gimnáziumban létesült hazánk egyik legújabb iskolai csillagvizsgálója.*
2. *Ujvárosy Antal óragépes platformmal felszerelt Dobson-távcsöve a Szentléleken rendezett Meteor 2001 Távcsöves Találkozóán.*
3. *A Vas megye csillagászati múltjából című kiállítás egyik tárlója. A kiállítást a szombathelyi Megyei Művelődési és Ifjúsági Központban rendezték meg 2001 augusztusában, A magyarországi csillagászat ezer esztendeje című konferenciához kapcsolódóan.*
4. *A MAV állomásokon 2000–2001 folyamán fényszennyezés szempontjából példamutató kialakítású közvilágítási lámpatesteket szereltek fel.*
5. *A Budapesti Planetárium mellett, a Népligetben 2000–2001 során készült el a bolygórendszerünk távolság- és méretarányait bemutató „sétáló Naprendszer”.*

A Kvazárok című cikkhez

6. *A 3C 273 jelű közeli kvazár képe a röntgensugárzás (Chandra), a látható fény (HST) és a rádióhullámok (MERLIN) tartományában. Jól látható a kvazár fényes magjából kilövellő, nagyjából 10 ívmásodperc szögmeretű nyúlvány csomós szerkezete. A maghoz közeledve a legbelső kifúvás rádióképe mintegy ötszázszoros nagyításban is megfigyelhető (űr-VLBI, jobbra lent). Ez utóbbi vizsgálatokkal voltak először közvetlenül kimutathatók a kifúvást alkotó relativisztikus plazma instabilitásaira utaló csavarszerű minták (kék és piros vonal). (NASA/CXC, NASA/STScI, MERLIN, MPIfR)*
7. *A Virgo-halmaz egyik tagja, az NGC 4388 spirálgalaxis a 8.3 m-es Subaru teleszkóppal. A rózsaszínű filamentumok a galaxis korongjától 110 000 fényévnyi távolságig követhető kidobott gázfelhők. Ezek anyagát feltehetően a nagy tömegű fekete lyukat tartalmazó galaxismag gerjeszti.*

A nagy tömegű csillagok keletkezése című cikkhez

8. *Tőlünk 2500 fényév távolságra a Monoceros csillagkép irányában található a Kúp-köd (NGC 2264) csillagkeletkezési régió, amelynek 2.5 fényév méretű részét láthatjuk a felvételen. A kép felső részén látható fiatal, nagy energiakibocsátású csillagok lassan „elpárologtatják” a köd anyagát. A körülöttük látható vöröses árnyalat az ultraibolya sugárzás által gerjesztett hidrogénatomoktól származik. (Hubble-űrtávcső, ACS/WFC.)*
9. *Az LkH α 101 jelű nagy tömegű, fiatal csillag optikai interferometriával készített, nagyfelbontású képe. A 10 m-es Keck I távcsővel végzett mérések alátámasztják a csillagok keletkezésekor kialakuló csillagkörüli gázfelhő létét, aminek maradványa a képen egy lyukas fánkhoz hasonló látványként veszi körül a már kialakult csillagot.*
10. *A Nagy Magellán-felhőben található 30 Doradus csillagkeletkezési terület a Hubble-űrtávcső felvételén.*

Kis égitestek anyagának fejlődése című cikkhez

11. *Antarktiszon talált kőmeteoritok.*
12. *Lodranit vékonycsiszolat mikroszkópos képe.*
13. *Pallazit vékonycsiszolat mikroszkópos képe.*
14. *Jellegzetes vasmeteorit.*
15. *Marsról származó meteorit vékonycsiszolatának mikroszkópos képe.*

A Bolygók más csillagok körül című cikkhez

16. A COROT űrszonda fantáziaképe. Az űrszonda fotometriai módszerrel fogja keresni a csillagok előtt rendszeresen elvonuló exobolygókat.
17. A tervezés fázisában levő DARWIN űrtávcső ilyennek „látná” a Naprendszer 10 pc távolságból, az ekliptika pólusának irányából nézve. A Nap és a bolygók fényének kontrasztját a null-interferometriának nevezett módszerrel fogják növelni. A vizsgálandó, igen kicsiny égitestet egyszerre több távcsővel fogják leképezni. A képeket úgy egyesítik, hogy a kialakuló interferencia a központi csillag fényét éppen kioltja, de a közvetlen közelében lévő halvány forrásokét nem.

További érdekes képek

18. 2001 nyarán az egész Marsra kiterjedő porvihart figyelhattunk meg. A Mars Global Surveyor felvételei jól mutatják a porvihar kifejlődését. (A Mars című hírhez.)
- 19–20. A Szaturnusz, illetve a Jupiter Io holdja a VLT 8.2 m-es Yepun távcsövére szerelt NAOS/CONICA nevű adaptív optikával fényképezve. A Föld felszínéről korábban soha nem készültek ilyen felbontású képek. (A VLT technikai újdonságai című hírhez.)
21. Az Ikeya–Zhang-üstökös és az Androméda-köd „együttállása” 2002. április 4-én. (G. Rhemann felvétele 190/255/735 mm-es Schmidt-teleszkóppal készült.)
22. Az Uránusz, gyűrűjével és két holdjával. A szenzációs felvételt a 8 m-es Subaru teleszkópra szerelt adaptív optikával készítették 2001 júliusában.
23. A 420 millió fényévre lévő UGC 10214 kölcsönható galaxis. A belőle kiinduló 280 000 fényév hosszúságú nyúlványt a jobbra lent mutatózó kisebb, kék színű galaxis gravitációs hatása hozta létre. (Hubble-űrtávcső, ACS/WFC.)
24. A képen látható (korábban NGC 4676-ként azonosított) két kölcsönható galaxis 300 millió fényévre helyezkedik el. A gravitációs kölcsönhatás miatt mindkét csillagvárosból hosszú anyagsugár indul ki, idővel a két galaxis egybe is fog olvadni. (Hubble-űrtávcső, ACS/WFC.)
25. Az 1992-ben felrobbant Nova Cygni 1992 (V1974 Cyg) körüli ködösség hiányzik a régebbi fotókról. A csillagot övező hidrogénfelhőt a robbanás sugárzása gerjesztette és a H α emisszió okozza a vörös fénylést. (P. Gamavich felvétele a Whipple Observatórium 1.2 m-es távcsövével.)
26. Egy furcsaság a planetáris ködök világából. A HST felvételén az IC 4406-ot láthatjuk, amely érdekes módon szép szögletes alakú. A vizsgálatok alapján a központi csillag által ledobott gázfelhő vastag hengerhez hasonló alakú, amit esetünkben pontosan oldalról látunk.
27. A Cassiopeia A szupernóva-maradvány a Chandra röntgenműhold felvételén. A 300 évvel ezelőtt felrobbant (és az akkori csillagászok által a galaktikus porfelhők fényelnyelése miatt nem látott) szupernóva táguló felhőjének röntgenképe az egykori csillag belső rétegeinek összetételéről árulkodik. A kb. 10 ezer fényévre található objektum átmérője 10 fényév.
28. A Nagy Magellán-felhőben található N132D jelű szupernóva-maradvány röntgenképe a Chandra röntgencsillagászati mesterséges hold felvételén.



1



2



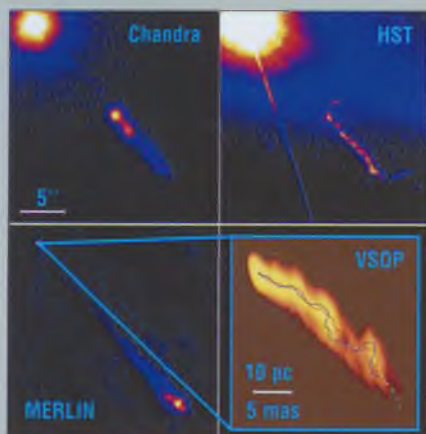
3



4



5



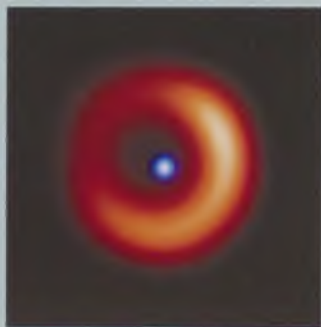
6



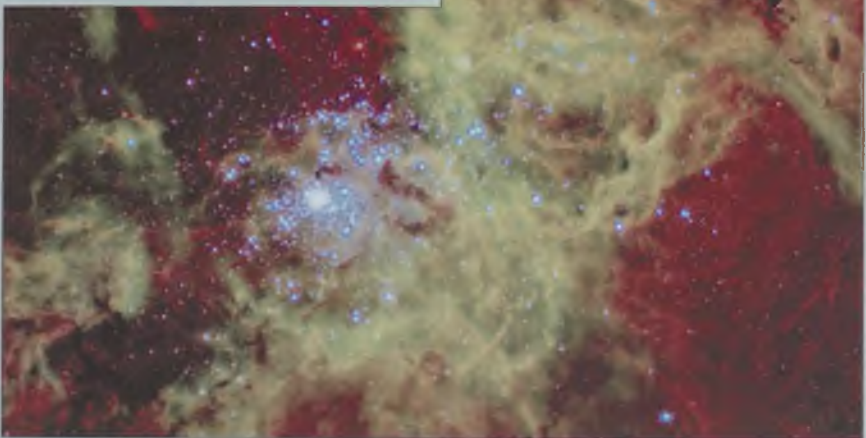
7



8



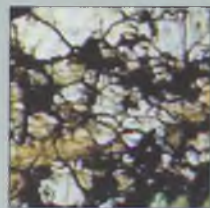
9



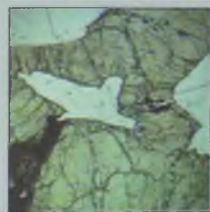
10



11



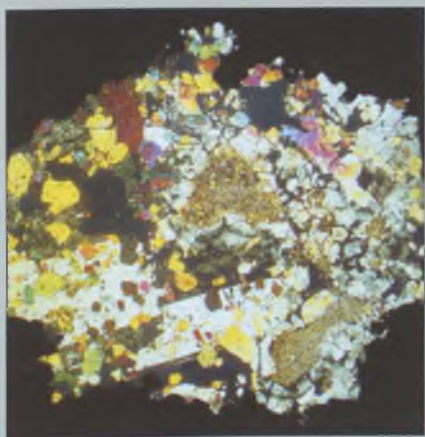
12



13



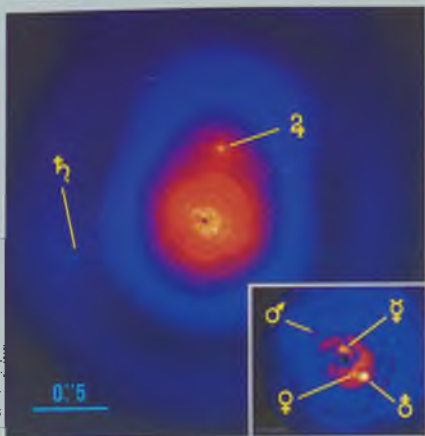
14



15



16



17

18



19



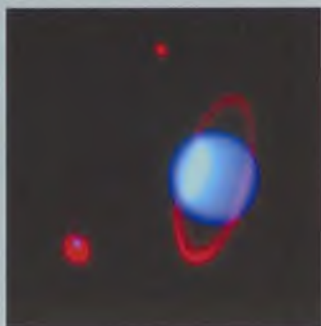
20



21



22





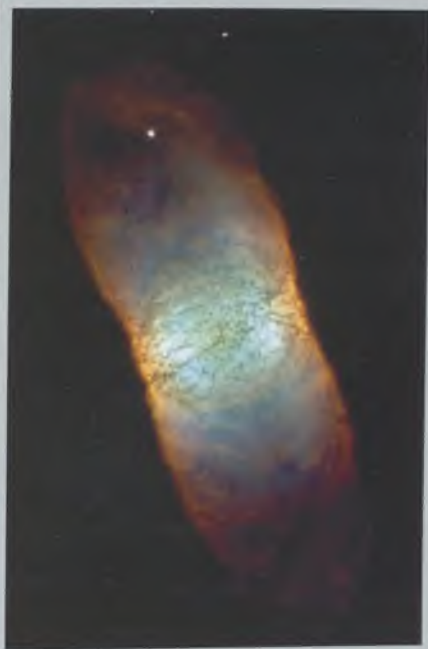
23



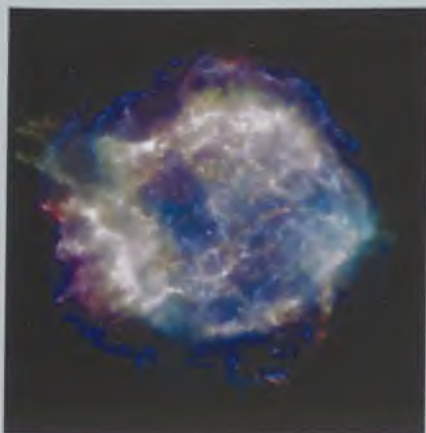
24



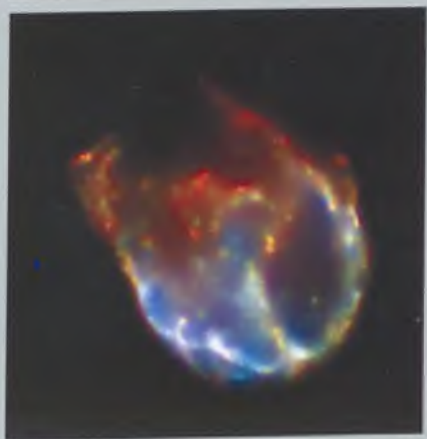
25



26



27



28

1792 Ft

ISSN 0866-2851



9 770866 285002